

rijksuniversiteit gent

laboratorium voor
toegepaste geologie
en hydrogeologie



LTG

geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 gent

telefoon 091-22.57.15

PS/23(3)

HYDROGEOLOGISCHE DEELSTUDIE
VAN HET SANERINGSONDERZOEK VAN DE
FABELTA - STORTPLAATS MET
INDUSTRIEEL AFVAL ("BLACK POINT")
TE ZWIJNAARDE
HYDROGEOLOGISCHE MODELSTUDIE



geologisch instituut
krijgslaan 281-S8
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15

Belconsulting_{nv}

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Verslag en studie : Dr. L. LEBBE
Lic. I. BOLLE
Lic. M. MAHAUDEN
Lic. Ph. VAN BURM
Lic. M. VAN CAMP

Onderzoek : TGO 85/23
Dokumentnummer : TGO 85/23 (3)
Datum : november 1986

INHOUD

1. INLEIDING	1
2. STIJGHOOGTEN	2
3. POMPPROEVEN - INTERPRETATIE MET EEN MATEMATISCH MODEL	6
3.1. Algemeen	6
3.2. Waarom pompproeven interpreteren met een mathematisch model ?	6
3.3. De pompproef-simulatie	8
3.4. Besluit	11
4. SIMULATIE VAN DE EVOLUTIE VAN DE GRONDWATERSTROMING EN -KWALITEIT MET BEHULP VAN EEN MATEMATISCH MODEL	14
4.1. Algemeen	14
4.2. Aangewend mathematisch model	15
4.3. Toepassing op het stort te Zwijnaarde	16
4.3.1. Bijzonderheden	16
4.3.2. De doorsnede 1	18
4.3.2.1. Inleidende gegevens	18
4.3.2.2. Ingebrachte gegevens	18
4.3.2.3. Randvoorwaarden	22
4.3.2.4. Resultaten van de simulatie 1	23
4.3.2.5. Resultaten van de simulatie 2	26
4.3.2.6. Toetsing	27
4.4. Besluit	32

1. INLEIDING

Met een overeenkomst daterend van 21.03.1986 verzocht de N.V. BELCONSULTING de Leerstoel voor Toegepaste Geologie* van de Rijksuniversiteit Gent over te gaan tot de hydrogeologische deelstudie van het saneringsonderzoek van de industriële stortplaats N.V. FABELTA te Zwijnaarde.

De studie werd aangevangen op 1 mei 1986 en duurt 9 maanden gespreid over de periode 1 mei 1986 - 30 juni 1987. Een eerste tussentijds verslag handelend over de inventarisatie van de beschikbare gegevens werd ingediend eind mei 1986. Het tweede verslag "karakterisatie" was klaar eind augustus 1986.

Onderhavig verslag omvat de resultaten van de derde onderzoeksfase :

- stijghoogtemetingen verricht na het beëindigen van de karakterisatie
- de pompproeven : de hydraulische parameters werden bepaald met behulp van een mathematisch model
- simulaties van de evolutie van de grondwaterstroming en -kwaliteit.

Deze fase greep plaats tussen 1 september en 30 november 1986.

* sinds oktober 1986 Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie.

2. STIJGHOOGTEN

In de verschillende peilbuizen werd vijfmaal de stijghoogte gemeten. Driemaal in augustus en tweemaal in oktober. De waarden zijn opgenomen in tabel 1.

Op 17 oktober 1986 werd het stijghoogteverloop opgemeten in de diepe peilputten in de omgeving van de Scheldetijarm. De invloed van de getijdenwerking werd vastgesteld over een gedeelte van de getijdecyclus (fig. 1.).

Bij het opstellen van het mathematisch model werd rekening gehouden met de stijghoogteschommelingen zoals deze werden opgetekend door de limnigrafen op putten K15 - F1 en K15 - F2 (fig. 2.).

Figuur 2 vervangt figuur 17 uit het karakterisatierapport.

De tophoogte van enkele peilbuizen werd bij het afwerken van de putten en het plaatsen van de limnigrafen gewijzigd. De wijzigingen zijn opgenomen in tabel 2.

Tabel 2 : gewijzigde tophoogte van enkele peilbuizen

peilbuis nr.	gewijzigde tophoogte (m TAW)
F17 - F2	7,609
F1	7,674
I13 - F1	9,434
K15 - F2	8,552*
F1	8,539*

* voorlopige waarde; op deze putten staan de limnigrafen.

TABEL 1 : Stijghoogten gemeten in augustus en oktober 1986 te Zwijnaarde

peilbuis nr.		15.08.86	21.08.86	26.08.86	02.10.86	16.10.86
F 17	F2	-	5,089	5,153	4,977	4,925
	F1	-	5,091	5,154	4,984	4,925
C 14	F2	5,655	5,528	5,515	5,466	5,463
	F1	5,531	5,478	5,561	5,411	5,409
F 13	F2	5,196	5,202	5,178	5,153	5,110
	F1	5,104	5,119	5,265	5,063	5,033
I 14	F2	4,442	4,433	4,584	4,378	4,356
	F1	4,495*	4,557*	4,507*	4,454*	4,450*
I 13	F2	4,434	4,354	4,456	4,375	4,364
	F1	4,379*	4,508*	4,490*	4,364*	4,373*
J 15	F2	4,091	4,098	4,208	4,009	4,006
	F1	4,114*	4,273*	4,155*	4,075*	4,086*
K 15	F2	3,768	3,873	4,052	-	-
	F1	3,877*	4,370*	3,787*	-	-
L21	F2	4,183	4,185	4,474	4,084	4,064
	F1	4,494*	4,560*	4,202*	4,393*	4,375*

* onderhevig aan getijdeschommelingen

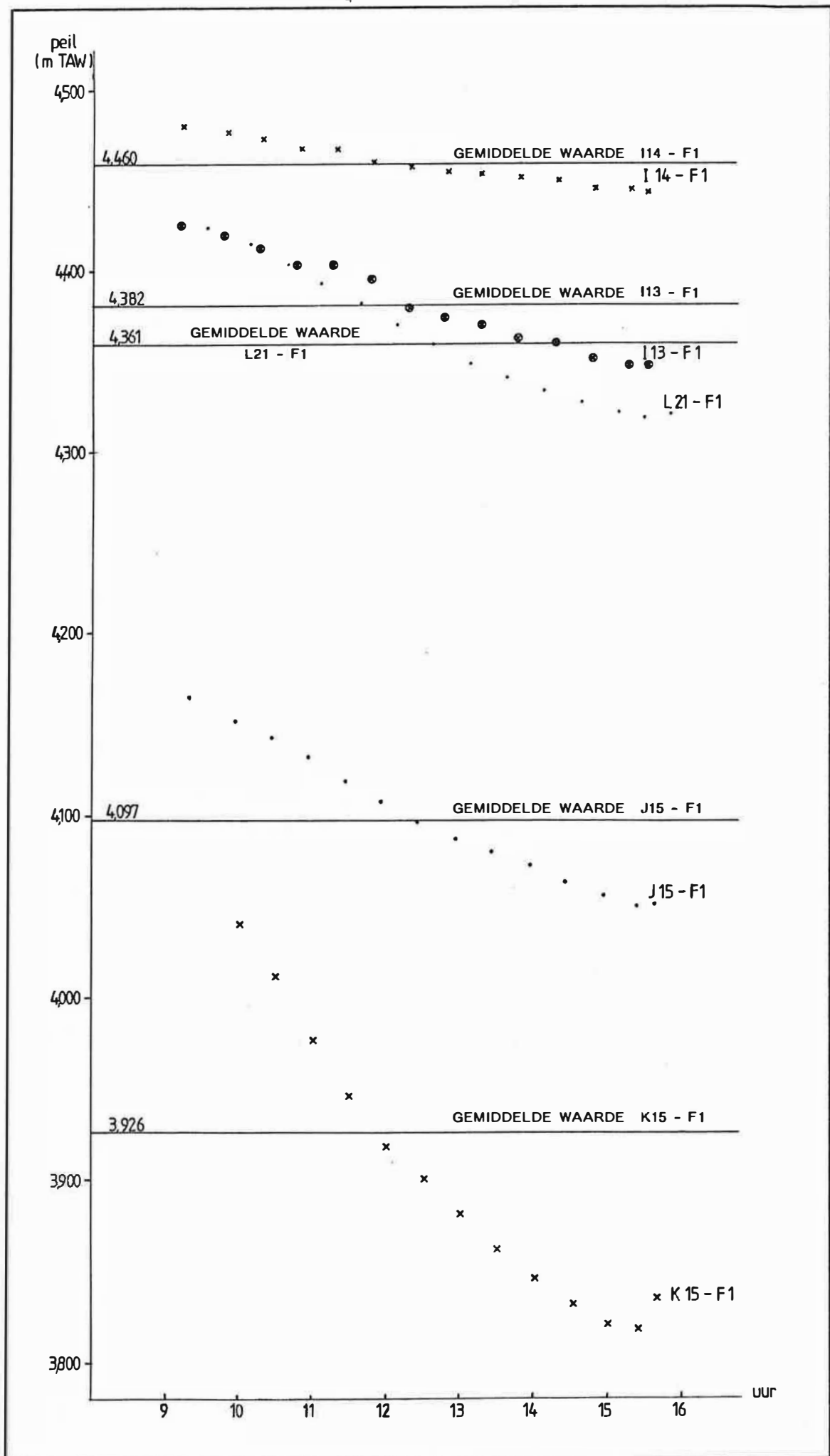


Fig. 1 - Stijghoogteschommelingen tengevolge van de getijdenwerking in enkele diepe filters op 17.10.1986.

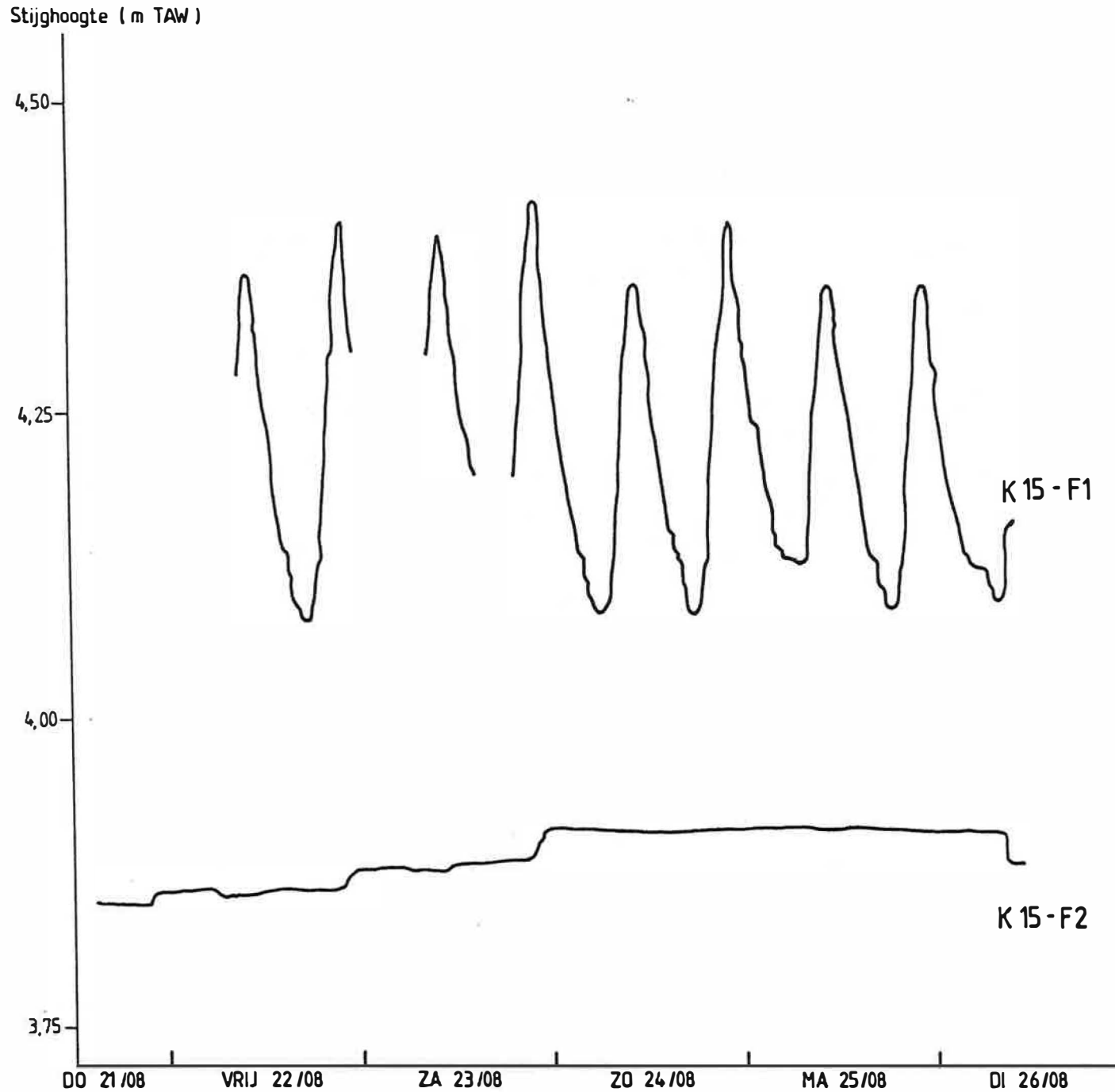


Fig. 2 - Stijghoogteschommelingen in de peilbuizen K15 - F2 (Kwartair) en K15 - F1 (Ieperiaan) nabij de Schelde-tijarm

3. POMPPROEVEN - INTERPRETATIE MET EEN MATEMATISCH MODEL

3.1. Algemeen

In het studiegebied werden in augustus 1986 twee pompproeven uitgevoerd : één in de laag Yd (pompproef I), één in de laag KZ (pompproef II).

In het rapport "karakterisatie" werden de voorbereiding, de uitvoering en de voorlopige resultaten van deze pompproeven uitvoerig beschreven.

In onderhavig hoofdstuk worden de pompproefresultaten, bekomen met behulp van het mathematisch model, gegeven.

3.2. Waarom pompproeven interpreteren met een mathematisch model ?

Inherent aan de grafische interpretatiemethoden van pompproeven zijn een aantal fouten die voortspruiten uit de vereenvoudigingen die worden aangenomen. Daarenboven kan men bij pompproeven in veellagige grondwaterreservoirs slechts een gedeelte van de hydraulische parameters bepalen, met name deze van de aangepompte laag. Sommige interpretatiemethoden leveren bovendien meerdere waarden op voor het doorlaatvermogen, de hydraulische weerstand en de bergingscoëfficiënt al naargelang van de afstand tussen de pompput en de betrokken peilbuis.

Onnauwkeurigheden, te wijten aan deze tekortkomingen, worden sterk beperkt wanneer men het volledig reservoir nabij de pompput en de grondwaterstromingen die erin heersen, nabootst met een mathematisch model. Het door Dr. L. LEBBE van het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie opgestelde model "SIMPUM" is tweedimensionaal en axiaal-symmetrisch. Vertikaal wordt het grondwaterreservoir ingedeeld in een aantal lagen, die worden gekozen naargelang zijn hydrogeologische bouw. Verder wordt het reservoir verdeeld

in een reeks ringen, concentrisch omheen de pompput aangebracht. De stralen van deze ringen laat men logaritmisch toenemen. Zo bekomt men een schikking van elementaire cellen waarvan de positie kan worden weergegeven door middel van de ring en de laag waartoe de cel behoort. De verste ring wordt op een zodanig grote afstand van de pompput gebracht, dat er zeker geen verlaging meer zal optreden en de stijghoogte dus vast kan worden gehouden in de tijd.

Aan iedere laag wordt een waarde voor de dikte (D), de horizontale doorlatendheid (k) en de specifieke elastische berging (S'_A) toegekend. Tussen iedere laag in dient een waarde voor de hydraulische weerstand (c) te worden ingevoerd. Voor iedere ring (d.w.z. op logaritmisch toenemende afstanden tot de pompput) berekent het model de evolutie van de verlagingen in de tijd. De berekeningen gebeuren door de eindig-verschilmethode toe te passen op de wet van DARCY en de continuïteitswet. Het bekomen stelsel van differentiaalvergelijkingen wordt opgelost met een iteratief proces.

De berekende en de waargenomen tijd-verlagingscurven en afstand-verlagingscurven worden vergeleken. De ingevoerde hydraulische parameters worden aangepast tot een voldoende overeenkomst is bereikt tussen de berekende en de waargenomen waarden. Een belangrijke hulp hierbij is het rekenprogramma SENPUM, dat toelaat de berekende verlagingen te onderwerpen aan een gevoeligheidsanalyse. Aldus wordt aangegeven hoe de verlagingen zullen antwoorden op de aanpassing van een bepaalde parameter met een zekere faktor. Het spreekt vanzelf dat de verlaging, gemeten op een bepaalde plaats en een bepaald tijdstip, niet even gevoelig is voor elke ingevoerde parameter en omgekeerd.

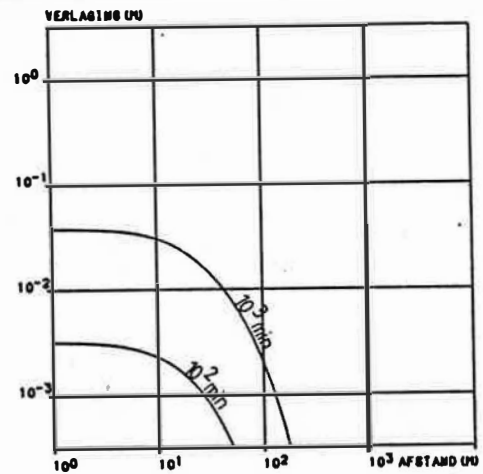
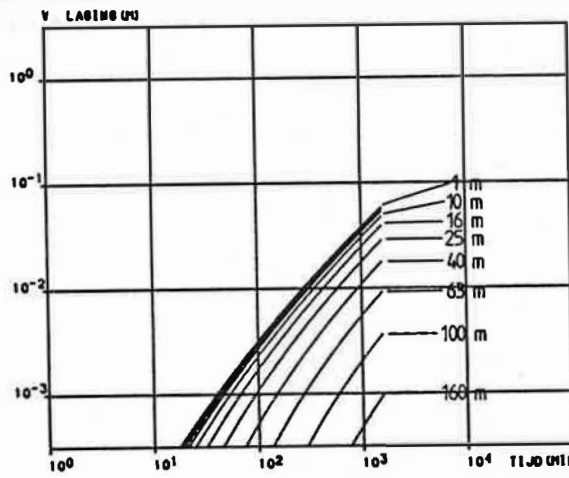
3.3. De pompproef-simulatie

Bij de simulaties van de twee pompproeven te Zwijnaarde werden tussen enerzijds de top van het hydrolitologisch complex bestaande uit afwisselend doorlatende en slecht doorlatende lagen Yd dat als ondoorlatend wordt beschouwd en anderzijds de grondwatertafel vijf lagen onderscheiden :

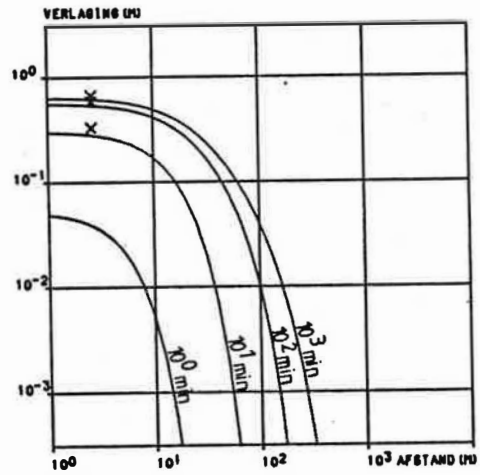
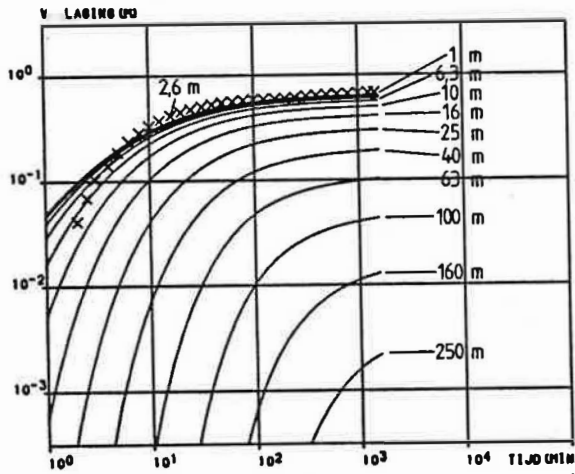
- Laag 1 (L1) onderaan is de doorlatende laag Yd bestaande uit groen zeer fijn zand dat sterk glauconiethoudend is
- Laag 2 (L2) is de slecht doorlatende leemlaag KL
- Laag 3 (L3) vertegenwoordigt de onderste 2,5 m van de goed doorlatende laag KZ bestaande uit fijn zand. De filter van de pompput (pompproef II) bevindt zich in deze onderste 2,5 m van KZ
- Laag 4 (L4) bestaat uit de bovenliggende 4,5 m van de goed doorlatende laag KZ bestaande uit fijn zand met plaatselijk enkele dunne leemlaagjes
- Laag 5 (L5), bovenaan gelegen, omvat de bovenste 0,5 m van de laag KZ onder de grondwatertafel.

De hydraulische parameters ingevoerd voor de eerste simulaties zijn gesteund op deze afgeleid met behulp van de klassieke grafische interpretatiemethoden (zie karakterisatie-rapport) evenals op gegevens uit de literatuur.

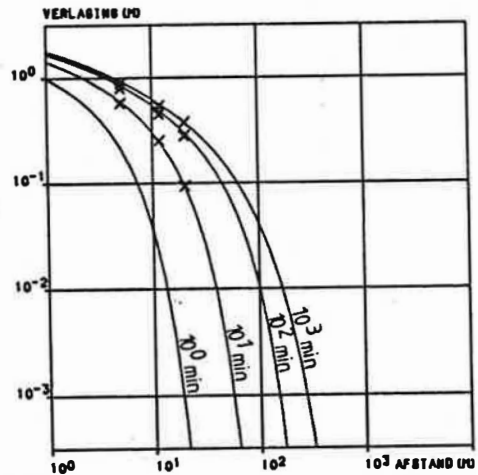
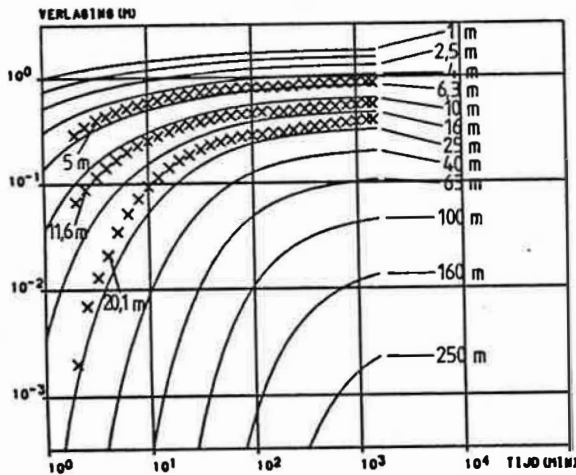
De curven van de waargenomen en berekende verlagingen zijn weergegeven in de figuren 3 en 4. Bij het vergelijken van berekende en waargenomen verlagingen dient men rekening te houden met een zeker traagheidseffect. De drukverandering manifesteert zich immers sneller in de laag dan in de peilbuis. De grootste verschillen tussen veranderingen waargenomen in peilbuizen en de drukveranderingen in het grond-



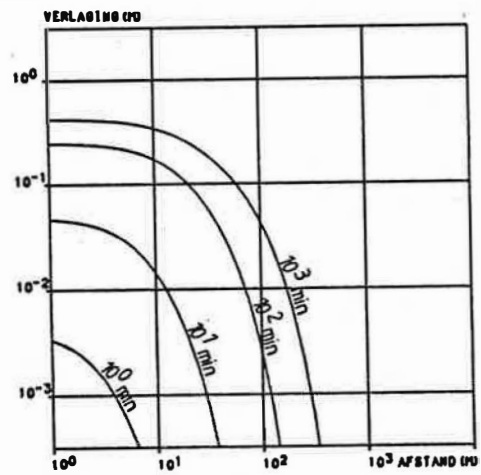
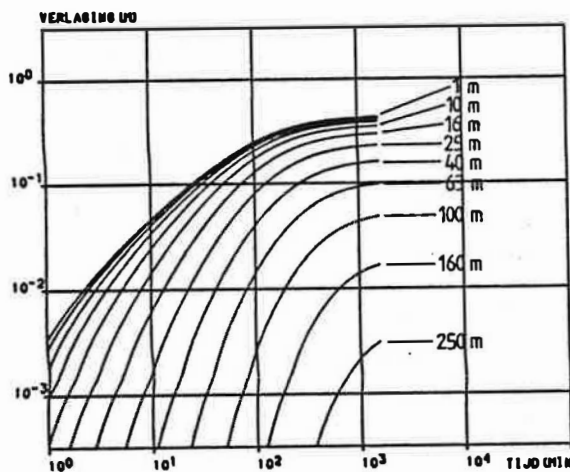
LAAG 5



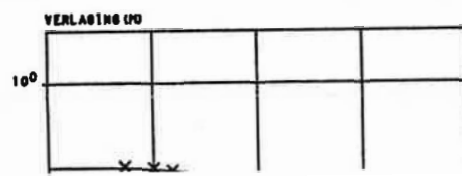
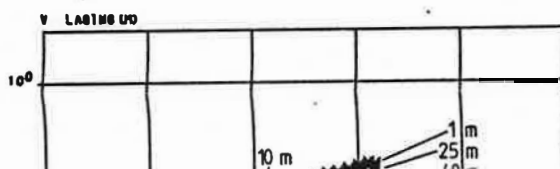
LAAG 4

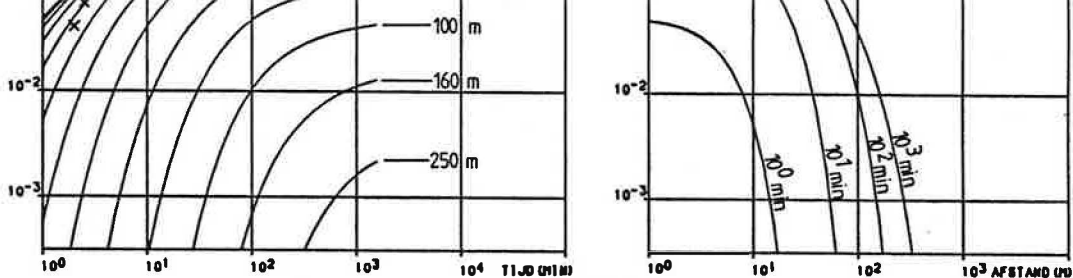


LAAG 3

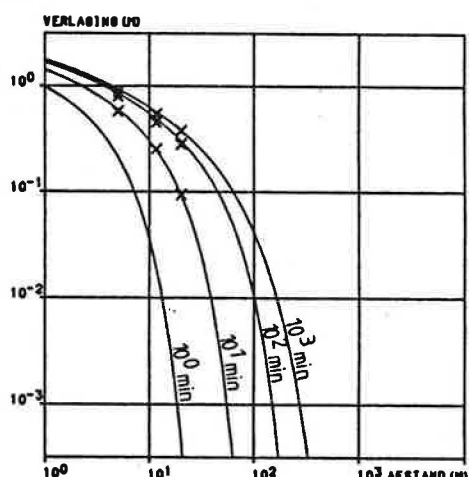
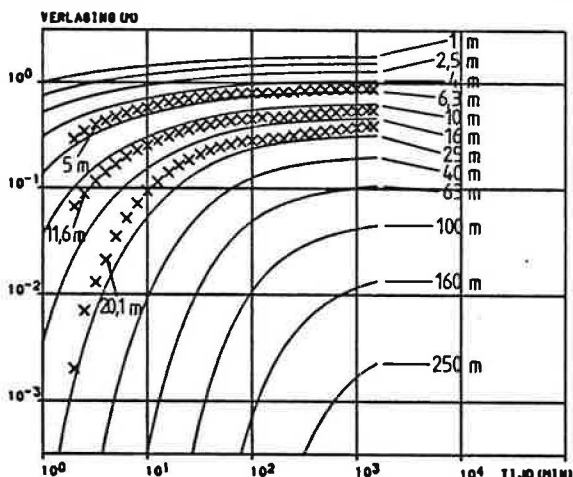


LAAG 2

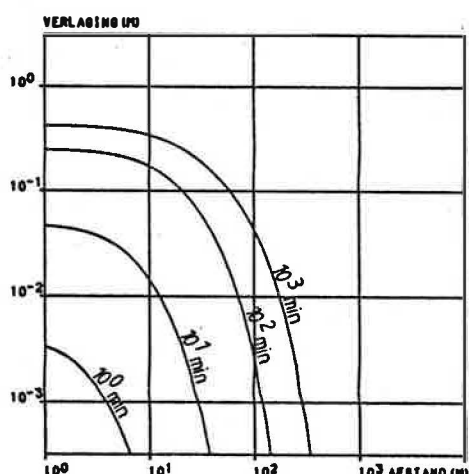
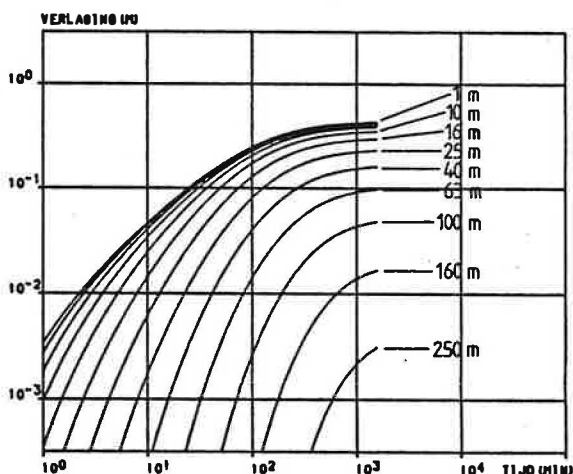




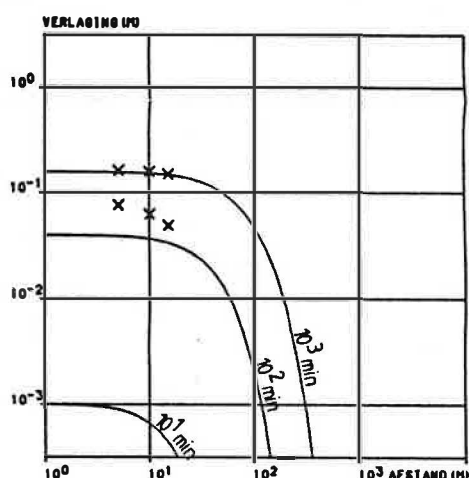
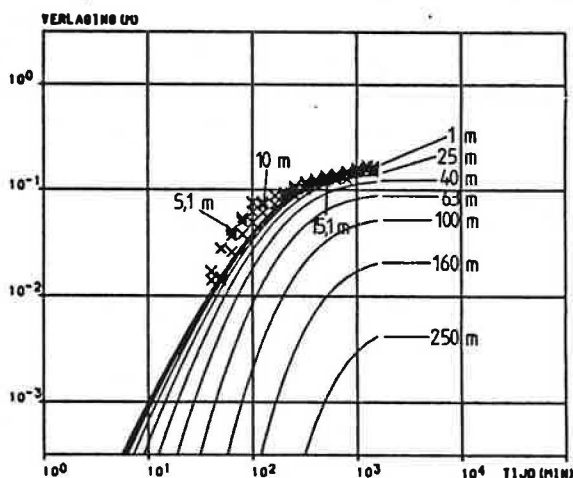
LAAG 4



LAAG 3

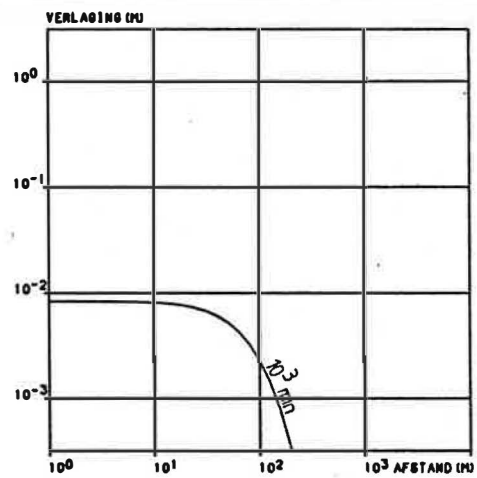
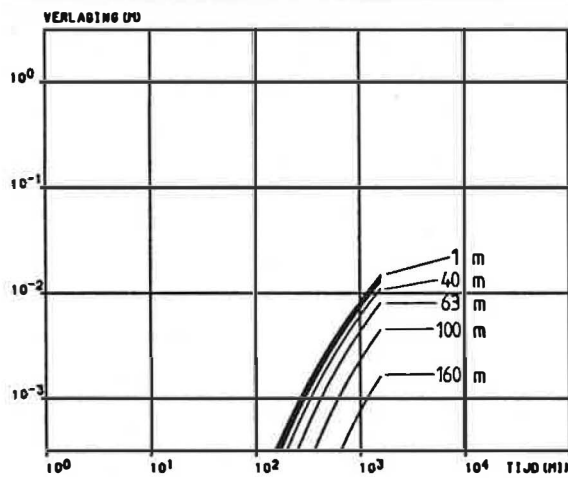


LAAG 2

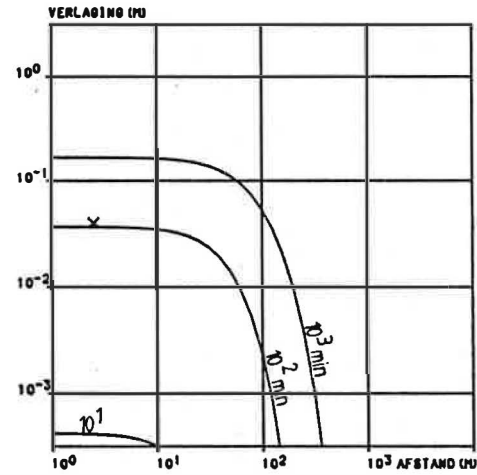
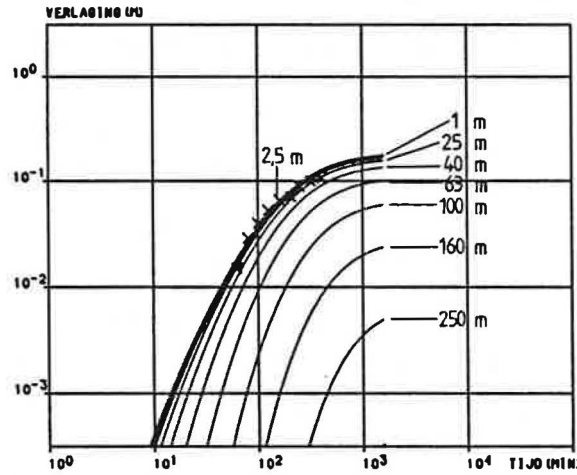


LAAG 1

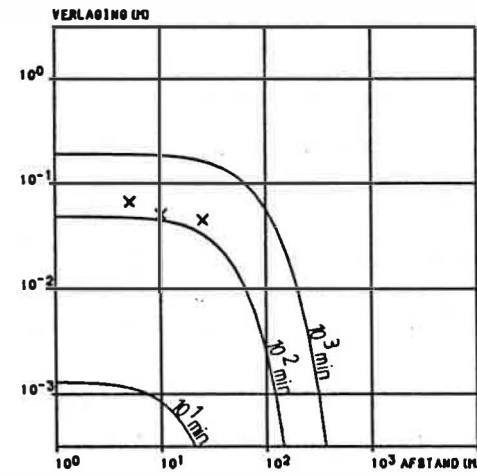
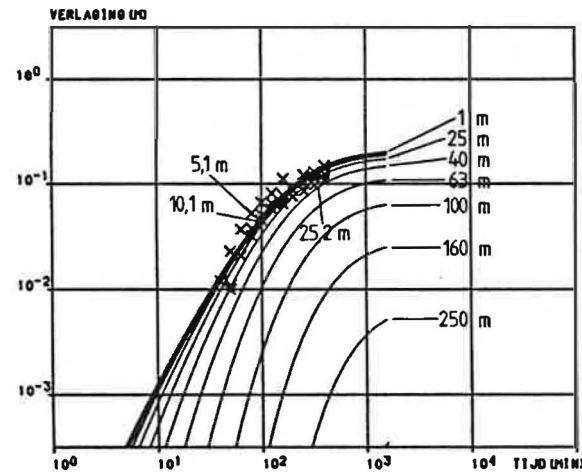
Fig. 3 - De waargenomen (kruisjes) en berekende (curven) verlagingen bij de pompproef in KZ (II).



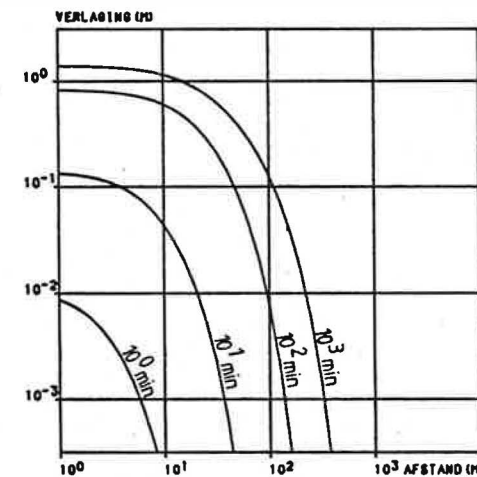
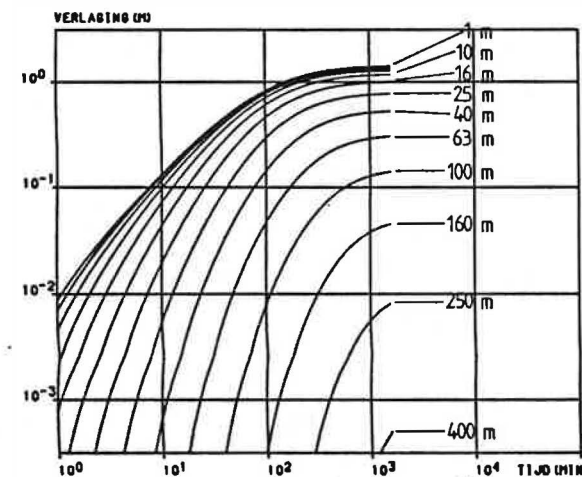
LAAG 5



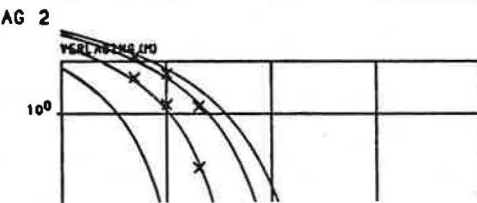
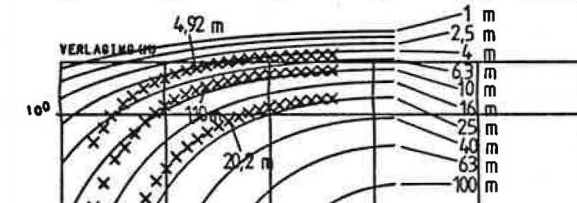
LAAG 4



LAAG 3



LAAG 2



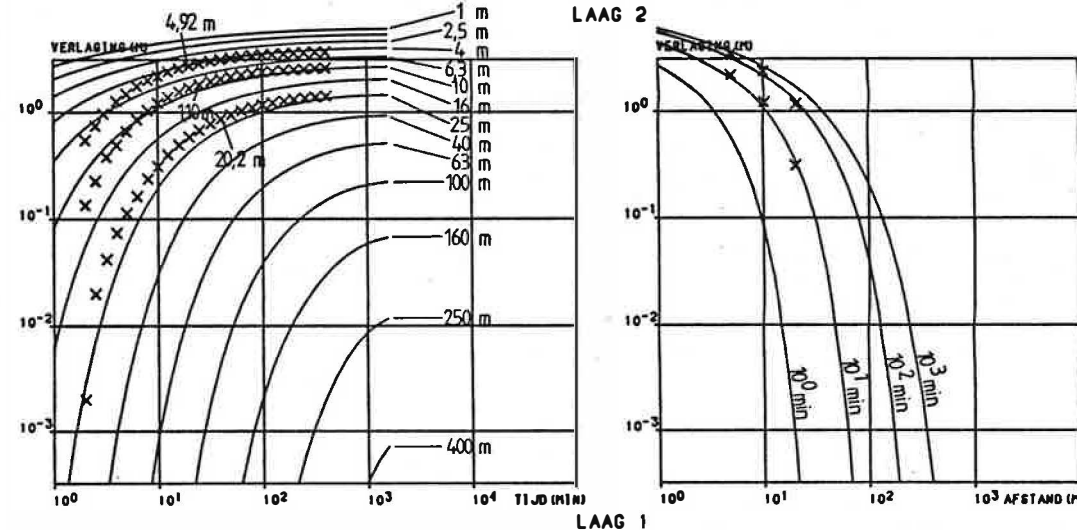
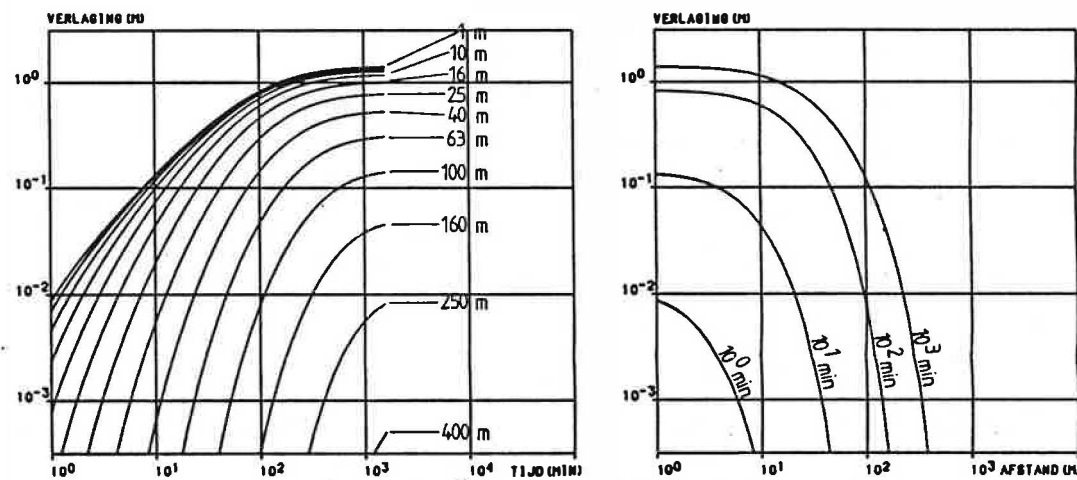
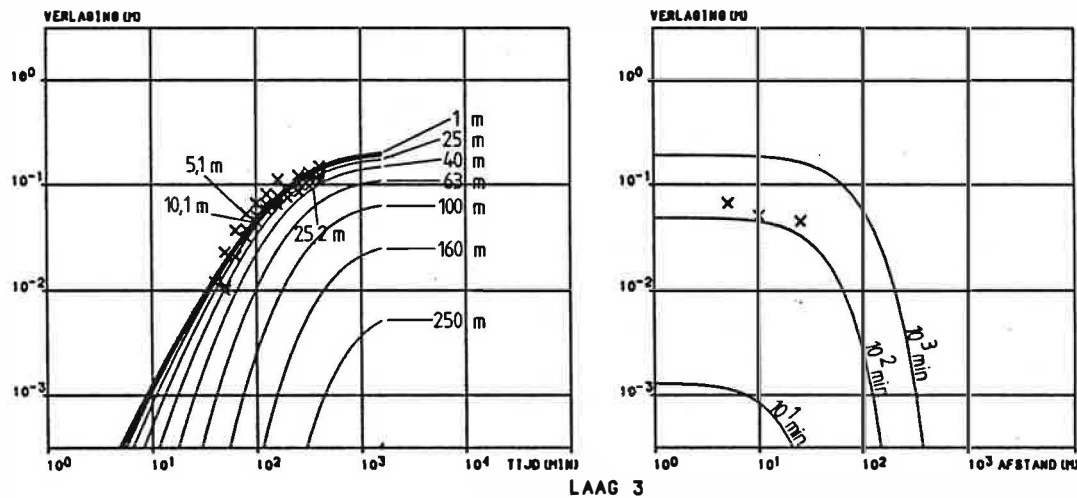
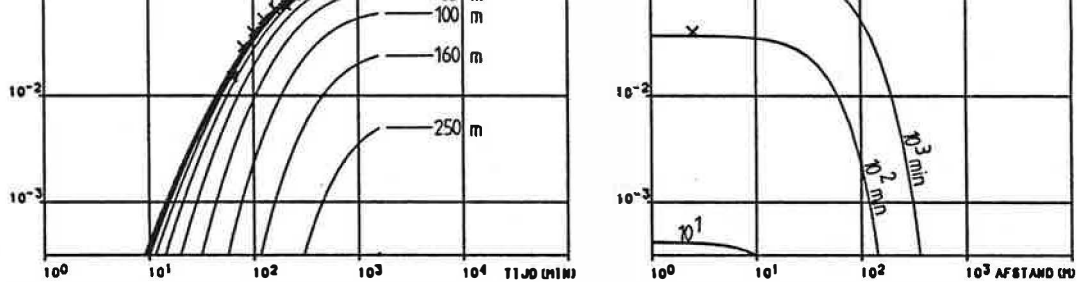


Fig. 4 - De waargenomen (kruisjes) en berekende (curven) verlagings bij de pompproef in Yd (I).

water doen zich voor als :

- de berging in de peilbuis groot is (b.v. grote diameter);
- de drukverandering snel gebeurt;
- de hydraulische doorlatendheid van de grond klein is;
- de filterweerstand groot is.

Na herhaalde simulaties, steeds met aangepaste (verbeterde) hydraulische parameters en na meerdere gevoeligheidsanalyses werd door het invoeren van de waarden die opgenomen zijn in tabel 3 de optimale overeenkomst bekomen tussen de in het veld waargenomen en de berekende verla-
gingen.

De omliggende parameters in tabel 3 zijn met een voldoende nauwkeurigheid bepaald : de procentuele fouten bedragen voor de :

- doorlatendheid k en specifieke elastische berging S'_A van L1 en L3 : < 5%
- hydraulische weerstand c tussen lagen L3 en L4 : 5 - 10%
- doorlatendheid k van L4, specifieke elastische berging S'_A van L2 en L4 en hydraulische weerstanden tussen L1 en L2, L2 en L3 en L4 en L5 : 10 - 20%.

De overige parameters werden zo goed mogelijk benaderd; ze kunnen echter enkel als richtinggevend worden beschouwd.

3.4. Besluit

De horizontale doorlatendheid en de specifieke elastische berging van de 5,0 m dikke Yd-laag bedragen respectievelijk 1,17 m/d en $4,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. De hydraulische weerstand van de 6,0 m dikke KL + Yd-laag is 420 d, waardoor de verti-

Tabel 3 : Hydraulische parameters van de onderscheiden lagen in het
matematisch model "SIMPUM"

Laag	dikte (m)	k (m/d)	$S'_A (x10^{-5} m^{-1})$	$S_o (-)$	c(d)
L5 (KZ)	0,5	2,0	8,0	0,08	125
(KZ)					
L4 (KZ)	4,5	2,0	8,0		9
(KZ)					
L3 (KZ)	2,5	5,3	16,0		200
(KL)					
L2 (KL)	6,0	0,12	8,0		220
(KL)					
L1 (yd)	5,0	1,17	4,2		

kale doorlatendheid 0,014 m/d is. De hydraulische weerstand van 420 d dient grotendeels te worden toegeschreven aan de onderste 1,6 m klei van Yd ouderdom. De horizontale doorlatendheid van de onderste 2,5 m van KZ is 5,3 m/d en de specifieke elastische berging $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$. De bovenste 5,0 m van deze KZ laag heeft een geringe hydraulische doorlatendheid van ca. 2m/d alsook een geringe elastische berging nl. $8,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. Tussen lagen L3 en L4 (beide deel uitmakend van de laag KZ) bestaat een geringe hydraulische doorlatendheid van ca. 0,4 m/d. Tussen lagen L4 en L5 is de hydraulische weerstand groot nl. 125 d. Dit is te verklaren door het voorkomen van een zekere gelaagdheid (een afwisseling van zandige en lemige laagjes en een dun kleilaagje).

4. SIMULATIE VAN DE EVOLUTIE VAN DE GRONDWATERSTROMING EN KWALITEIT MET BEHULP VAN EEN MATEMATISCH MODEL

4.1. Algemeen

Om een beter inzicht te verkrijgen in de evolutie en de ruimtelijke verspreiding van de grondwaterkwaliteit werd een mathematisch model aangewend. Het mathematisch model berekent, uitgaande van hydraulische parameters en randvoorwaarden, de stijghoogteconfiguratie, het stromingspatroon en de grondwaterkwaliteitsverdeling in het studiegebied.

Een dergelijk model houdt in dat een reeks differentiaalvergelijkingen worden opgelost. Door gebruik te maken van een computer is het mogelijk numerieke oplossings technieken toe te passen. Dergelijke berekeningen zijn tijdrovend en stellen strenge eisen betreffende rekensnelheid en beschikbare geheugenruimte van het aangewende systeem.

Het opstellen van een mathematisch model heeft tot doel zo getrouw mogelijk de werkelijke hydrogeologische toestand weer te geven. Het studiegebied wordt hiervoor ingedeeld in een netwerk van cellen. Voor elke cel worden hydraulische parameters ingevoerd. In de cellen samenvallend met de begrenzing van het gebied worden randvoorwaarden opgegeven. De gekozen afmetingen van de cellen zijn mede bepalend voor de nauwkeurigheid van de berekende resultaten.

In deze studie werd de voorkeur gegeven aan een tweedimensionaal kwaliteitsmodel. De simulaties gebeuren in een vertikaal vlak zodat ook de verticale variaties in het grondwaterreservoir berekend worden. Er werd gebruik gemaakt van het model van L.F.KONIKOW & J.D. BREDE-

HOEFT (1978), dat aan het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie door Dr. L. LEBBE werd aangepast om ook densiteitsstromingen in rekening te brengen. Het simulatieprogramma werd gekoppeld aan een grafisch outputprogramma dat toelaat berekende waterstijghoogten, snelheden en concentraties voor te stellen. De berekeningen zijn uitgevoerd op het SIEMENS 7570-c bedrijfssysteem van het Centraal Digitaal Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Gent.

- In een eerste fase dient het model geijkt te worden. De berekende stijghoogten worden vergeleken met de veldwaarnemingen. De ingevoerde gegevens worden aangepast tot een voldoende overeenstemming is bereikt.
- In een tweede fase wordt dan de evolutie van de grondwaterkwaliteit in de ruimte en tijd berekend.

4.2. Aangewend mathematisch model

Het numeriek model simuleert het transport van opgeloste stoffen in een grondwaterreservoir. Het berekent de op-eenvolgende concentratieveranderingen van een chemisch inerte opgeloste stof. Het programma lost gelijktijdig twee partiële differentiaalvergelijkingen op. Het zijn de grondwaterstromingsvergelijking, waarbij rekening wordt gehouden met de dichtheidsverdeling en de vergelijking die het transport van opgeloste stoffen weergeeft.

De grondwaterstromingsvergelijking wordt afgeleid van de uitgebreide wet van DARCY, waarin de dichtheidsverschillen verwerkt zijn, en van de continuïteitswet. De opgeloste-stoffentransportvergelijking wordt opgelost met de methode van de karakteristieken.

Het mathematisch model combineert beide vergelijkingen;

het houdt hierbij rekening met :

- dichtheidsveranderingen;
- konvektief transport;
- hydrodynamische dispersie.

De berekeningen geschieden volgens de techniek gekend als "particle tracking". Hierbij volgt men de beweging van een groot aantal waterdeeltjes doorheen het netwerk.

4.3. Toepassing op het stort te Zwijnaarde

4.3.1. Bijzonderheden

De simulatie van de grondwaterstroming en de evolutie van de grondwaterkwaliteit gebeurden in een vertikale doorsnede door het stortgebied.

Deze simulatie werd in drie verschillende tijdsperioden opgesplitst teneinde een zo precies mogelijke rekonstruktie van de werkelijke evolutie van de stortplaats te bekomen.

Bij de berekeningen wordt de aanwezigheid van twee primaire waters verondersteld. Het eerste primaire water is het regenwater dat buiten de stortzones door de onverzadigde zone perkoleert (dit is normaal infiltratiewater). Het tweede primaire water is 100% stortporiënwater. Het grondwaterreservoir is aanvankelijk volledig gevuld met normaal infiltratiewater.

De berekende grondwaterstromingen resulteren dan uit de gegeven grensvoorwaarden, de hydraulische parameters en de opgegeven dichtheidsverdeling bij aanvang. De dichtheid van 100% stortporiënwater werd gelijkgesteld aan 1,0056, de dichtheid van normaal infiltratiewater aan 1,0000. Teneinde de beweging van de deeltjes in het model te kunnen nagaan dient de werkelijke doorsijpelingsnel-

heid gekend te zijn. Hierbij wordt een waterdoorlatende porositeit van 30% aangenomen. De menging van de twee primaire waters bij stroming door de ondergrond is afhankelijk van de longitudinale (d_L) en de transversale dispersiviteit (d_T). De verhouding $\frac{d_L}{d_T}$ wordt konstant op 0,3 gehouden. De waarde van de longitudinale dispersiviteit bedraagt 0,30 m.

Het model berekent om de 1,25 jaar de grondwaterstroming rekening houdend met de nieuwe dichtheidsverdeling die een gevolg is van de nieuwe kwaliteitsverdeling van de verschillende waters. Hierbij wordt aangenomen dat de dichtheid lineair verandert met het percentage aan stortporiënwater.

Alle resultaten worden voorgesteld in doorsneden waarin de stijghoogten, grondwatersnelheden en de mengingsgraad van de twee primaire waters aangeduid zijn.

De equipotentiaallijnen zijn getekend met een interval van 0,20 m. Ze worden bekomen door een bilineaire interpolatie tussen de stijghoogten in de centra van de cellen.

De grondwatersnelheid wordt weergegeven door een vektor. Deze vektor wordt afgeleid uit de verticale en de horizontale snelheidskomponent. De lengte van deze componenten wordt bepaald door de snelheid te vermenigvuldigen met een tijdsduur, hier gelijkgesteld aan één jaar (365,25 dagen).

De mengingsgraad van de twee primaire waters wordt aangegeven door lijnen van gelijke vermenging, verkregen door bilineaire interpolatie tussen de waarden in de centra van de cellen. De vermenging wordt uitgedrukt in percentage stortporiënwater. De getekende lijnen korres-

ponderen met 99, 95, 84, 50, 16,5 en 1%.

4.3.2. De doorsnede 1

4.3.2.1. Inleidende gegevens

- De simulaties geschieden volgens de doorsnede die loopt van het kanaal van Zwijnaarde in het noordwesten tot de Scheldetijarm in het zuidoosten, volgens een boogsegment (fig. 5). De lengte van het profiel bedraagt 615 m. De keuze van een dergelijke doorsnede steunt volledig op het grondwaterstromingspatroon zoals dit werd vastgesteld gedurende de fase karakterisatie. Voor deze doorsnede werden twee simulaties uitgevoerd.
- De eerste simulatie berekent in hoeverre water vanuit het kanaal van Zwijnaarde in het grondwaterreservoir is doorgedrongen. Hierbij wordt de invloed van het stort niet beschouwd.
- De tweede simulatie geeft de evolutie van de grondwaterkwaliteit weer met in acht name van het stort.
- De evolutie tot het jaar 2000 wordt gesimuleerd.

4.3.2.2. Ingebrachte gegevens

De bouw van het modelnetwerk is door inter- en extrapolatie afgeleid uit de hydrogeologische doorsneden B-B', C-C' en D-D' die opgenomen zijn in het karakterisatierapport. De structuur van het netwerk en de ingebrachte gegevens kunnen afgeleid worden uit de figuren 6 en 7. Als anisotropiefactor tussen de verticale en horizontale doorlatendheid werd 0,20 ingevoerd; deze is afgeleid uit de pompproeven.

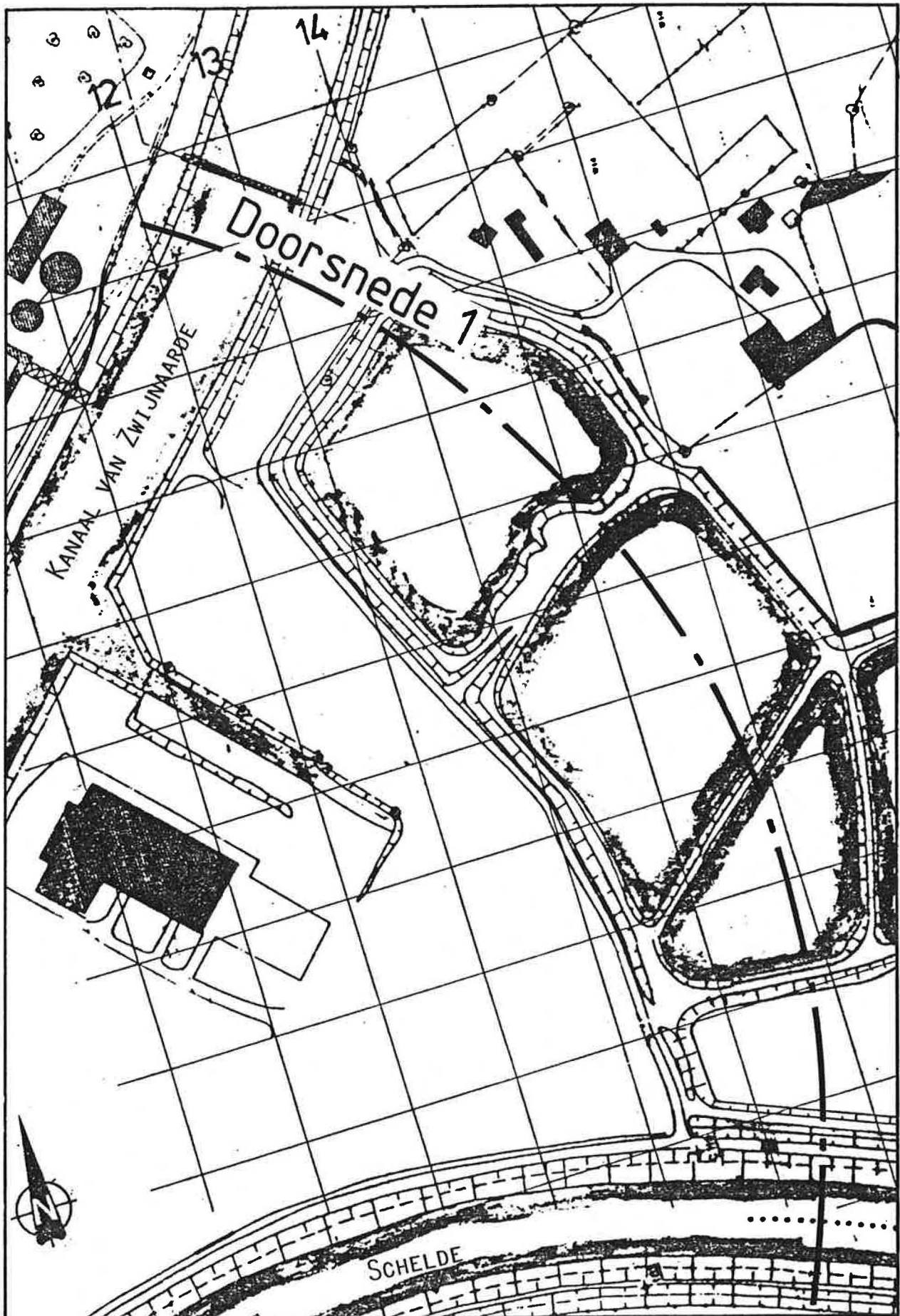



Fig. 5 - Ligging van de doorsnede 1.

1 vaste stijghoogtegrens, concentratie stortporiënwater = 0 ‰

2 konstante insijpelingsgrens : 120 mm/jaar,
concentratie stortporiënwater = 100 ‰

3 konstante insijpelingsgrens : 270 mm/jaar,
concentratie stortporiënwater = 0 ‰

4 konstante insijpelingsgrens : 150 mm/jaar,
concentratie stortporiënwater = 100 ‰

 ondoorlatende grens

Aanvangskoncentratie stortporiënwater = 0 ‰

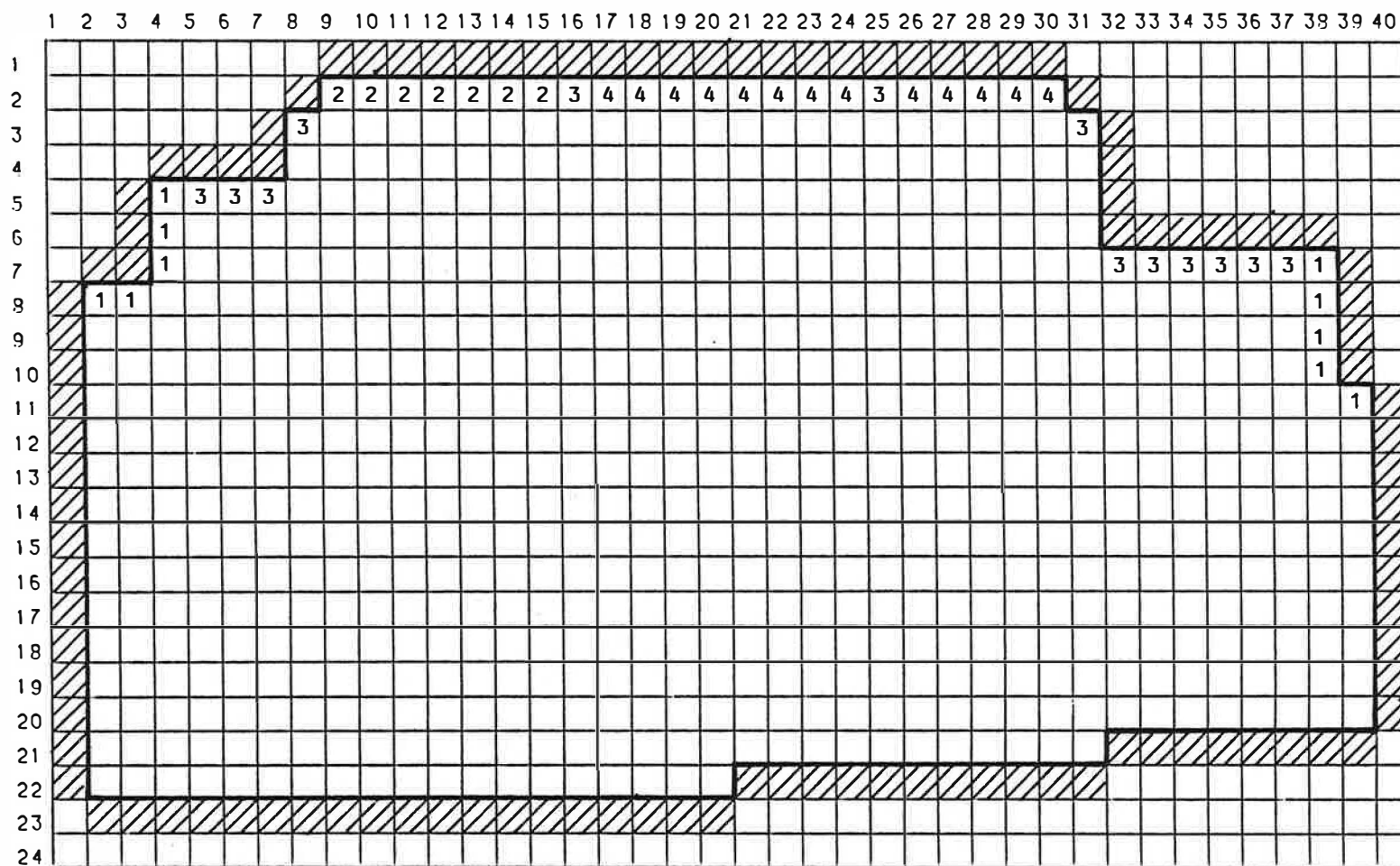





Fig. 6 - Doorsnede 1 : Randvoorwaarden.


 $k_h = 10,0$ m/d per cel


 $k_h = 5,3$ m/d per cel

 $k_h = 2,0$ m/d per cel

 $k_h = 1,17$ m/d per cel

 $k_v = 0,0165$ m/d per cel

 $k_v = 0,013$ m/d per cel

 $k_v = 0,0048$ m/d per cel

 $k_v = 0,00040$ m/d per cel

 $k_v = 0,00020$ m/d per cel

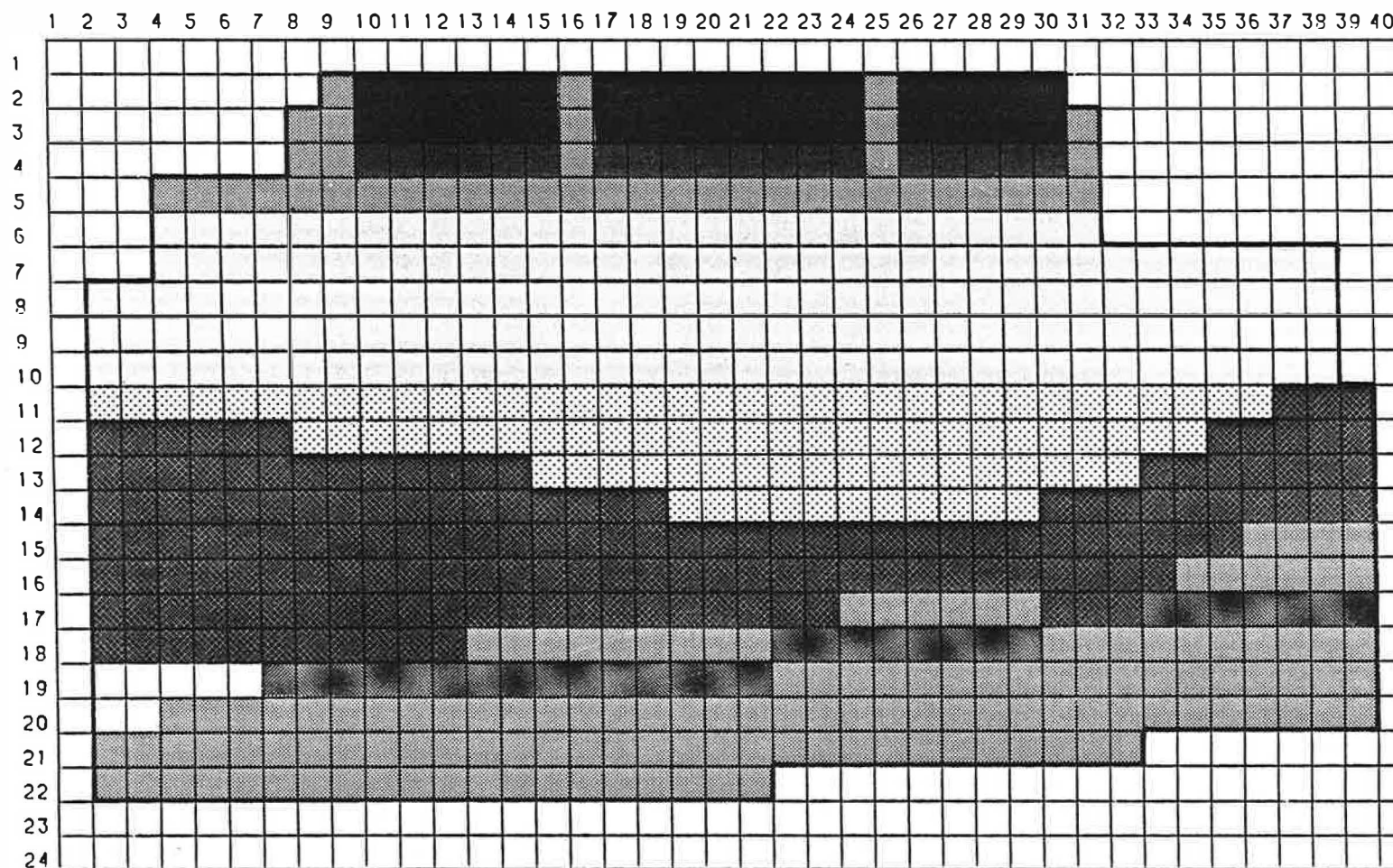


Fig. 7 - Ingebrachte hydraulische parameters.

4.3.2.3. Randvoorwaarden

De doorsnede wordt begrensd als volgt :

- onderaan door een ondoorlatend substraat; de top van dit substraat wordt gevormd door een slecht doorlatende laag in het Yd.
- in het noordwesten door het kanaal van Zwijnaarde. Het betreft een vaste stijghoogtegrens op het peil + 5,61.
- in het zuidoosten door de Schelde. Deze werd eveneens als een vaste stijghoogtegrens aanzien met dien verstande dat dit gebeurde op het peil + 5,61 tot voor 1970* en op het peil + 3,25 na 1970.
- bovenaan door cellen met konstante infiltratiesnelheid.

De ingevoerde infiltratiesnelheid bedraagt :

- voor de cellen buiten het stort gelegen en de dijken tussen de verschillende stortbekkens 270 mm/jaar, de jaarlijkse nuttige neerslag
- in het meest noordelijk gelegen stortbekken 120 mm/jaar
- in alle andere stortbekkens 150 mm/jaar.

De waarden in de stortbekkens zijn bepaald rekening houdend met waargenomen stijghoogten op het terrein.

In de doorsnede 1, die drie stortbekkens aansnijdt is de volgende stortevoeutie aangenomen :

- vanaf 1945 (aanvang van de simulaties) tot 1950 zijn het meest noordelijk bekken en ongeveer de helft**

* Vóór de ingebruikname van de Ringvaart (november 1969) was de Schelde ter hoogte van het studiegebied niet onderhevig aan getijdeschommelingen.

** De exacte uitbreiding is afgeleid door middel van luchtfoto-interpretaties (cf. inventarisatierapport)

van het middenste bekken volgestort. Er is verondersteld dat het gestort materiaal zich tot op ééNZelfde hoogte bevond als dit op heden het geval is.

- vanaf 1950 zijn de drie stortbekkens volledig volgestort tot op ééNZelfde hoogte als dit op heden het geval is.

4.3.2.4. Resultaten van de simulatie 1.

De mogelijke verontreiniging van het grondwaterreservoir te wijten aan het Kanaal van Zwijnaarde is berekend in simulatie 1. De resultaten zijn weergegeven in fig. 8. Er is aangenomen dat 100% kanaalwater in het grondwaterreservoir kan insijpelen, het infiltratiewater en het grondwater in situ is 0% kanaalwater.

De berekende stijghoogteconfiguratie in het reservoir toont aan dat er een waterscheidingskam voorkomt tussen het stortterrein en het kanaal van Zwijnaarde. Dit heeft voor gevolg dat er een kleine stromingscyclus aanwezig is waardoor infiltrerend water naar het kanaal vloeit. Hierdoor wordt insijpeling van het kanaalwater in het grondwaterreservoir verhinderd.

Het al dan niet voorkomen van een waterscheidingskam is afhankelijk van meerdere factoren, o.a. :

- de anisotropie van de doorlatendheid
- de infiltratiesnelheid
- de gradiënt tussen het kanaal van Zwijnaarde en de Schelde.

Het is dan ook niet uitgesloten dat op andere plaatsen dan ter hoogte van de doorsnede 1, b.v. ten westen van het stort, wel insijpeling van kanaalwater in het grond-

LEGENDE BIJ DE DOORSNEDEN (figuren 8 en 9).

———— 50 ————

Lijn van gelijke mengingsgraad (in % stortporiënwater)

———— 4.50

Equipotentiaallijn (in m TAW)



Snelheidsvektor (tijdsduurfaktor = 1 jaar)

Doorsnede 1 - Simulatie 1

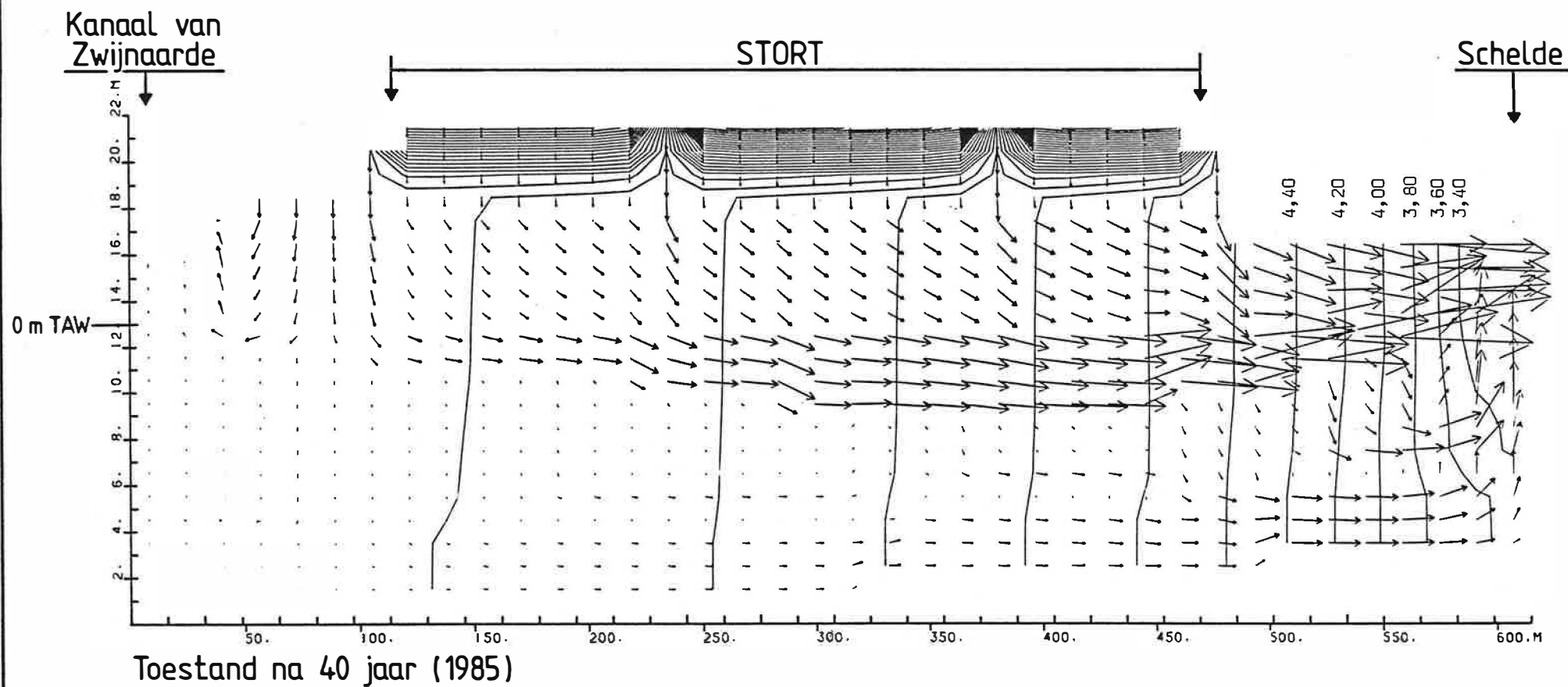


Fig. 8 - Doorsnede 1 - Simulatie 1
Mogelijke invloed vanuit het Kanaal van Zwijnaarde.

waterreservoir kan optreden (grotere gradiënt !).

4.3.2.5. Resultaten van de simulatie 2.

De resultaten zijn weergegeven in figuur 9.

Gedurende de periode 1945-'50 bevindt zich een waterscheidingskam ongeveer halfweg de doorsnede 1. Het stort dat nog beperkt is in uitbreiding ligt in het gebied waar de grondwaterstroming naar het kanaal van Zwijnaarde gericht is. De verontreiniging breidt zich tussen 1945 en 1950 langzaam uit onder het stort. Van 1950 tot 1970 komen drie stortbekkens voor en bedraagt het waterpeil in het kanaal van Zwijnaarde en de Schelde + 5,61. De waterscheidingskam bevindt zich nu nabij de zuidrand van het middenste bekken. De verontreiniging uit het noordelijke en middenste bekken gaat naar het kanaal van Zwijnaarde toe terwijl de verontreiniging vanuit het meest zuidelijke bekken in de richting van de Schelde stroomt. Tot ca. 1960 heeft de verontreiniging zich vooral verplaatst boven de laag KL. Omstreeks 1970 is de invloed merkbaar tot in de doorlatende laag Yd in de omgeving van de Schelde.

Vanaf 1970* is het stromingspatroon drastisch gewijzigd ten gevolge van de waterpeilverlaging in de Schelde-tijarm. Tussen het stort en het kanaal van Zwijnaarde stelt zich een waterscheidingskam in (cf. 4.3.2.4.). Er ontstaat enerzijds een stromingscyclus naar het kanaal toe en anderzijds naar de Schelde-tijarm toe. In dit kleine gebied wordt het verontreinigd grondwater verdrongen door infiltratiewater. Alle water dat vanuit het stort infiltreert stroomt in de richting van de Schelde-tijarm. In het zuidelijk deel van de doorsnede heeft de verontreiniging het substraat bereikt. Hier vloeit ook in de onder-

* in feite november 1969.

ste laag Yd de verontreiniging naar de Schelde-tijarm toe.

In de toekomst zal de verontreiniging steeds een groter deel van het grondwaterreservoir boven het substraat innemen.

4.3.2.6. Toetsing

Het voorkomen van een waterscheiding tussen het kanaal van Zwijnaarde en het stort, waardoor insijpeling van kanaalwater in het grondwaterreservoir verhinderd wordt kan enkel bevestigd worden door aanvullende stijghoogtemetingen in een paar nieuwe peilbuizen.

In principe is het mogelijk, op voorwaarde dat voldoende gegevens beschikbaar zijn, de berekende mengverhouding te toetsen aan de werkelijkheid. De concentratie C in een bepaalde cel van het model is gelijk aan :

$$C = a.C_{100} + (1-a)C_o$$

met :

a = mengingsgraad (kan afgelezen worden in fig. 9)

C_{100} = concentratie in stortporiënwater

C_o = concentratie in normaal infiltratiewater.

Een strenge toetsing is in de huidige omstandigheden moeilijk omdat :

- C_o en C_{100} niet of nauwelijks gekend zijn
- geen waarnemingen kunnen gebeuren onder de stortbekkens.

De peilbuizen J15 en K15 liggen nagenoeg op de doorsnede.

De berekende mengverhoudingen ter hoogte van J15 stro-

Doorsnede 1 - Simulatie 2

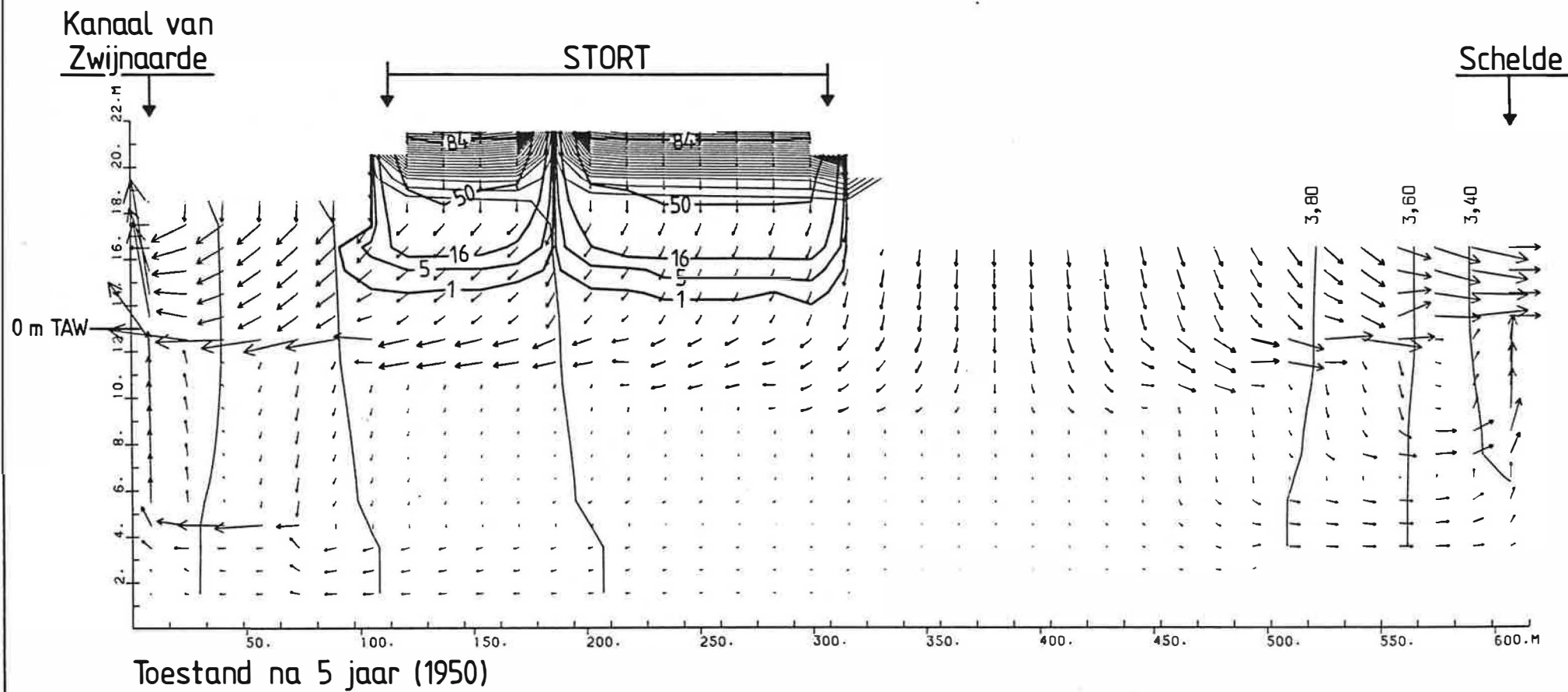
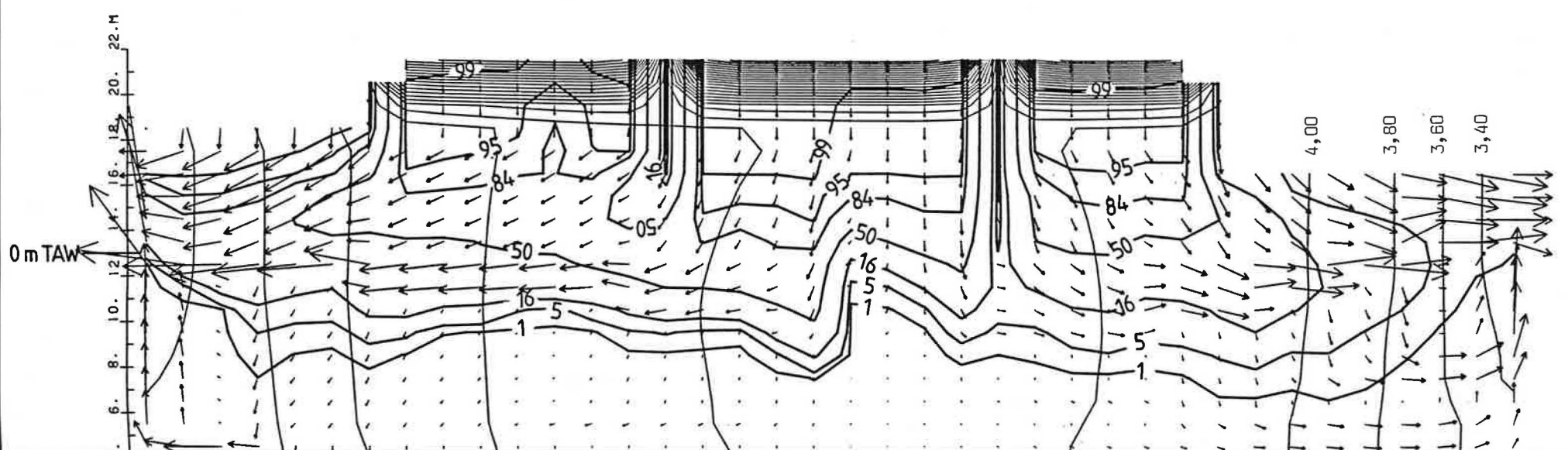
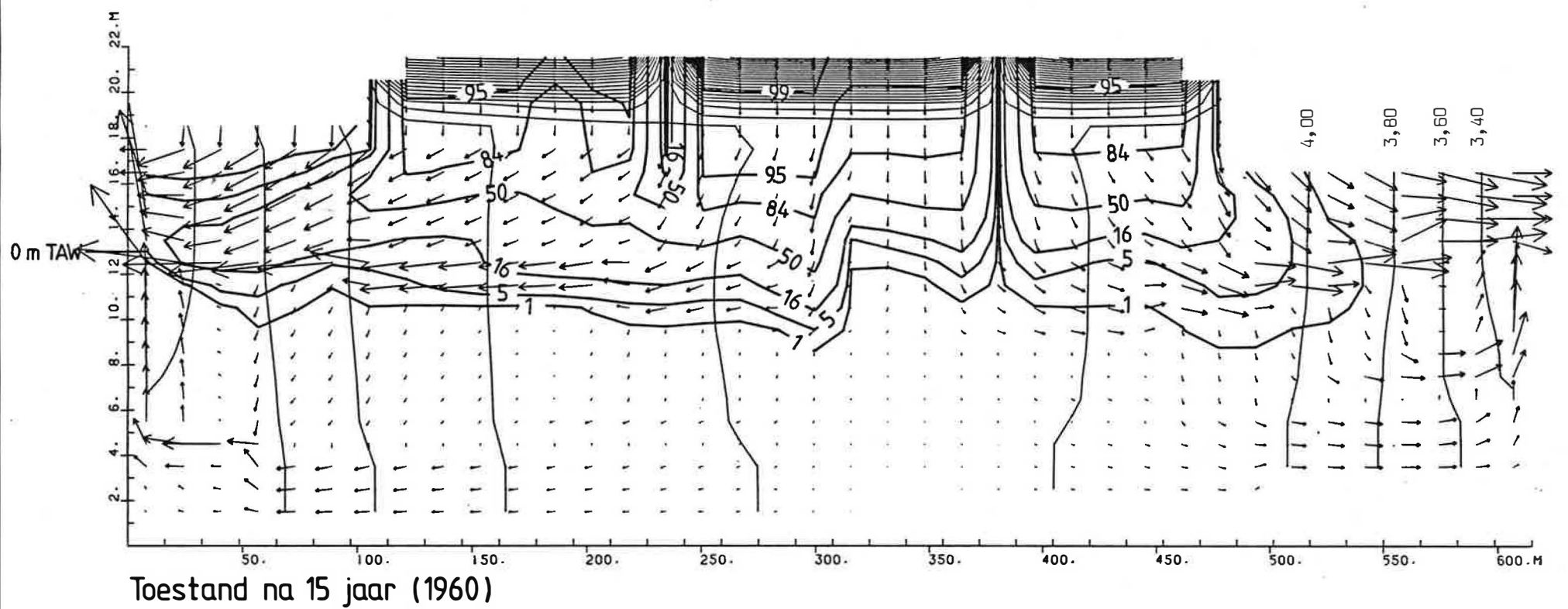
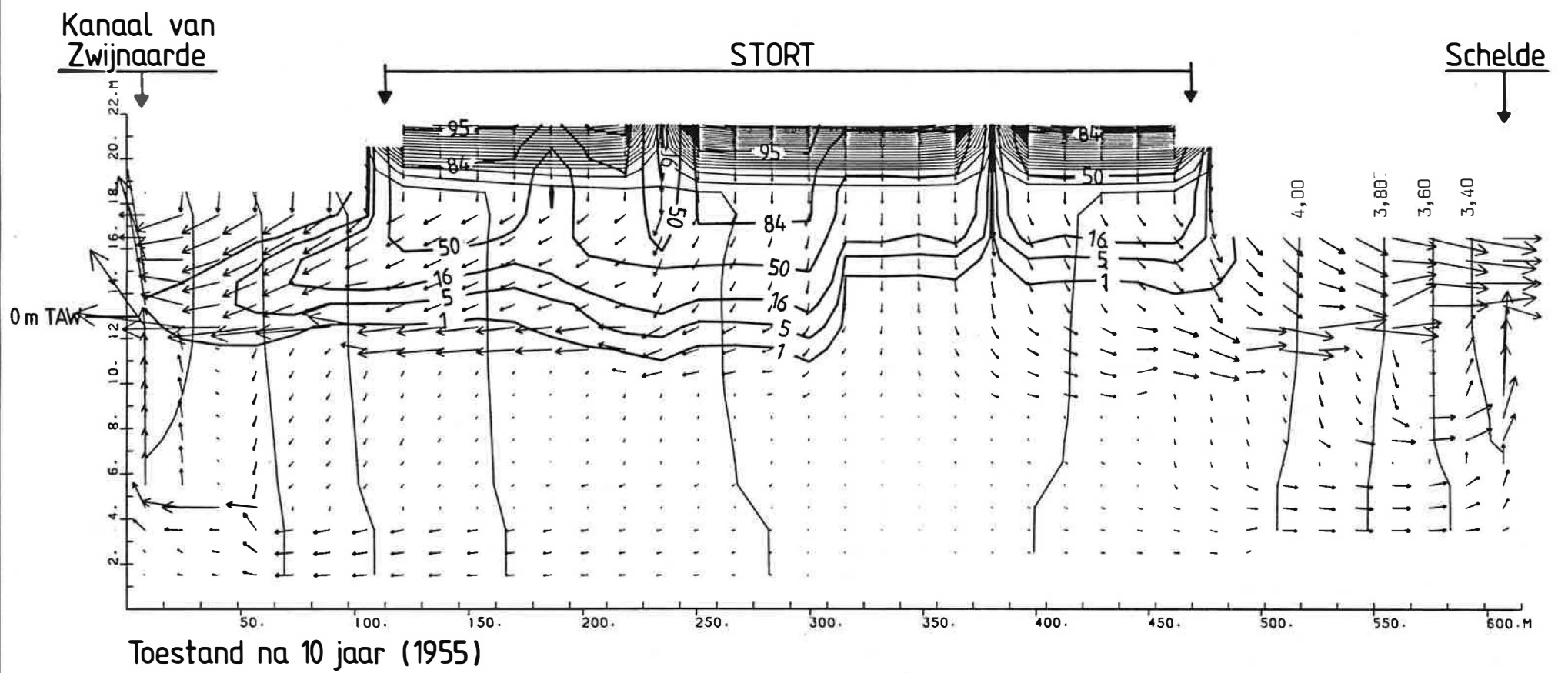
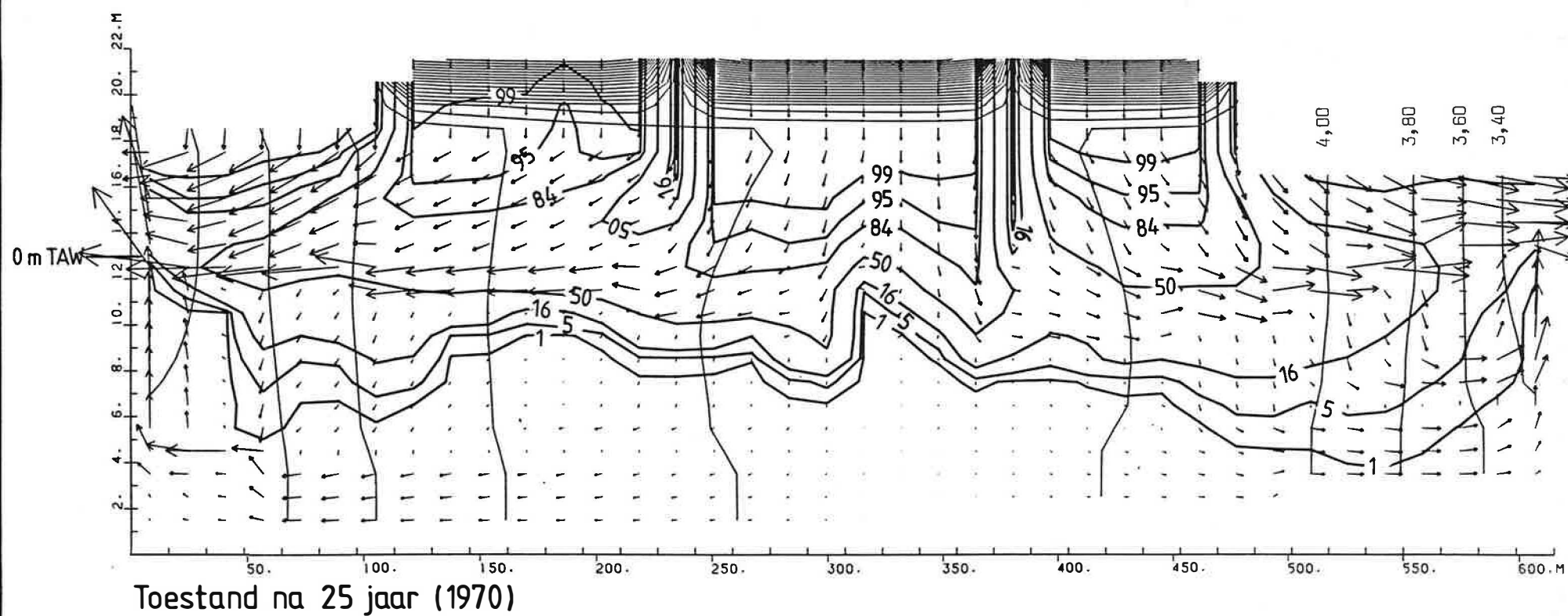
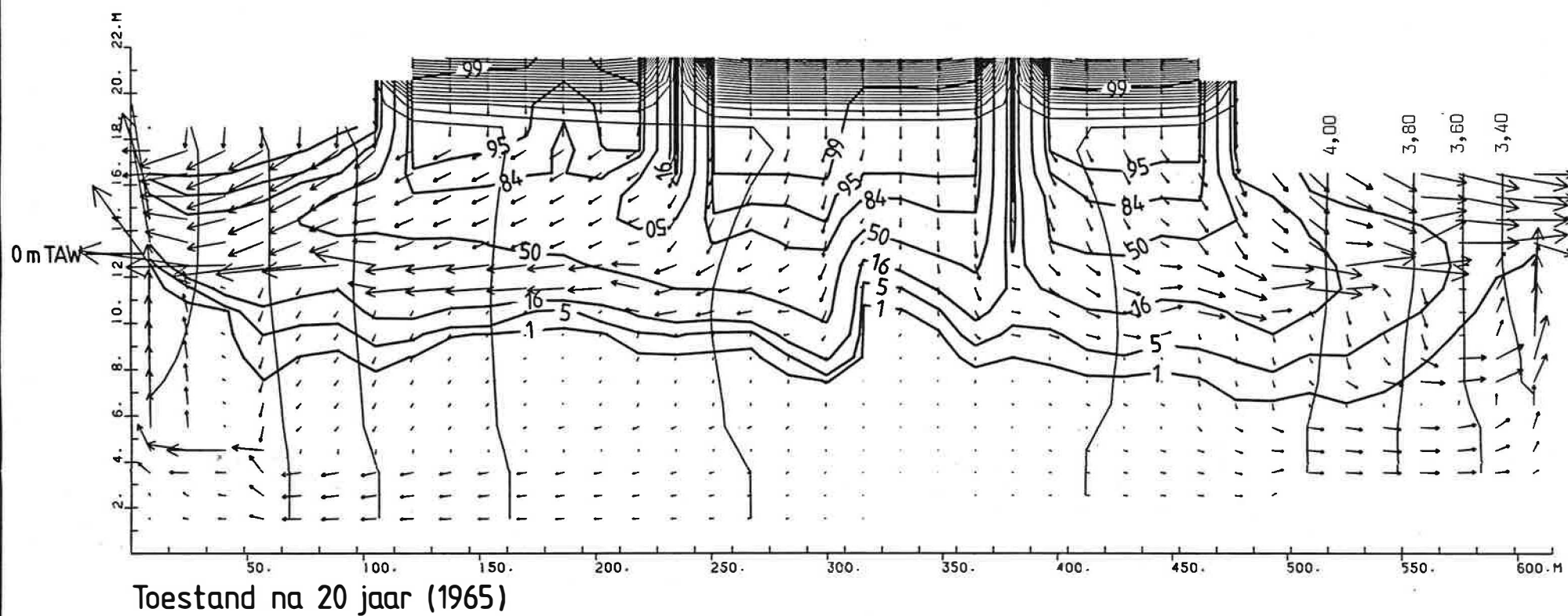
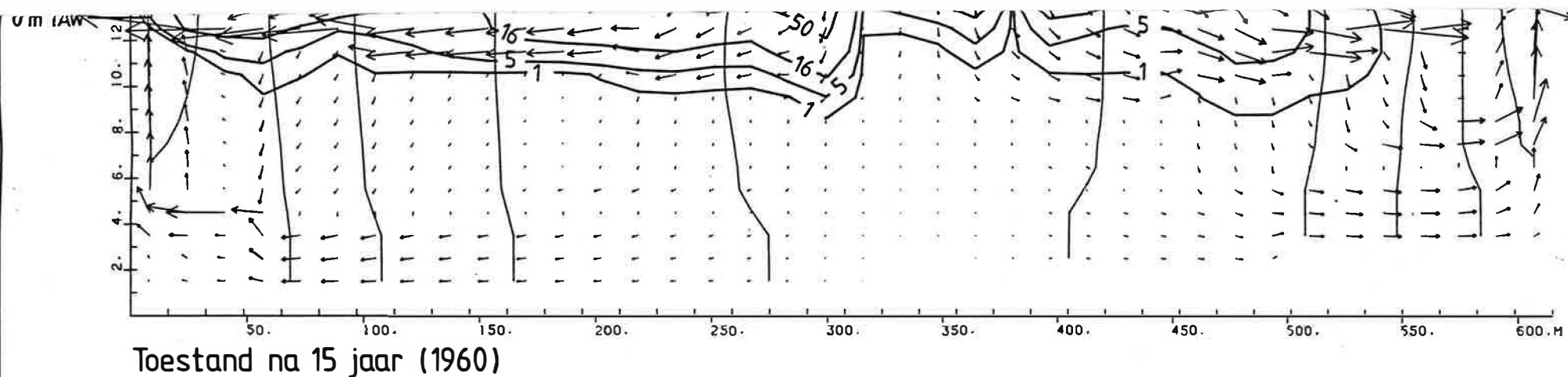


Fig. 9 - Doorsnede 1 - Simulatie 2
Invloed vanuit het stort.

Doorsnede 1 - Simulatie 2 (vervolg)





Doorsnede 1 - Simulatie 2 (vervolg)

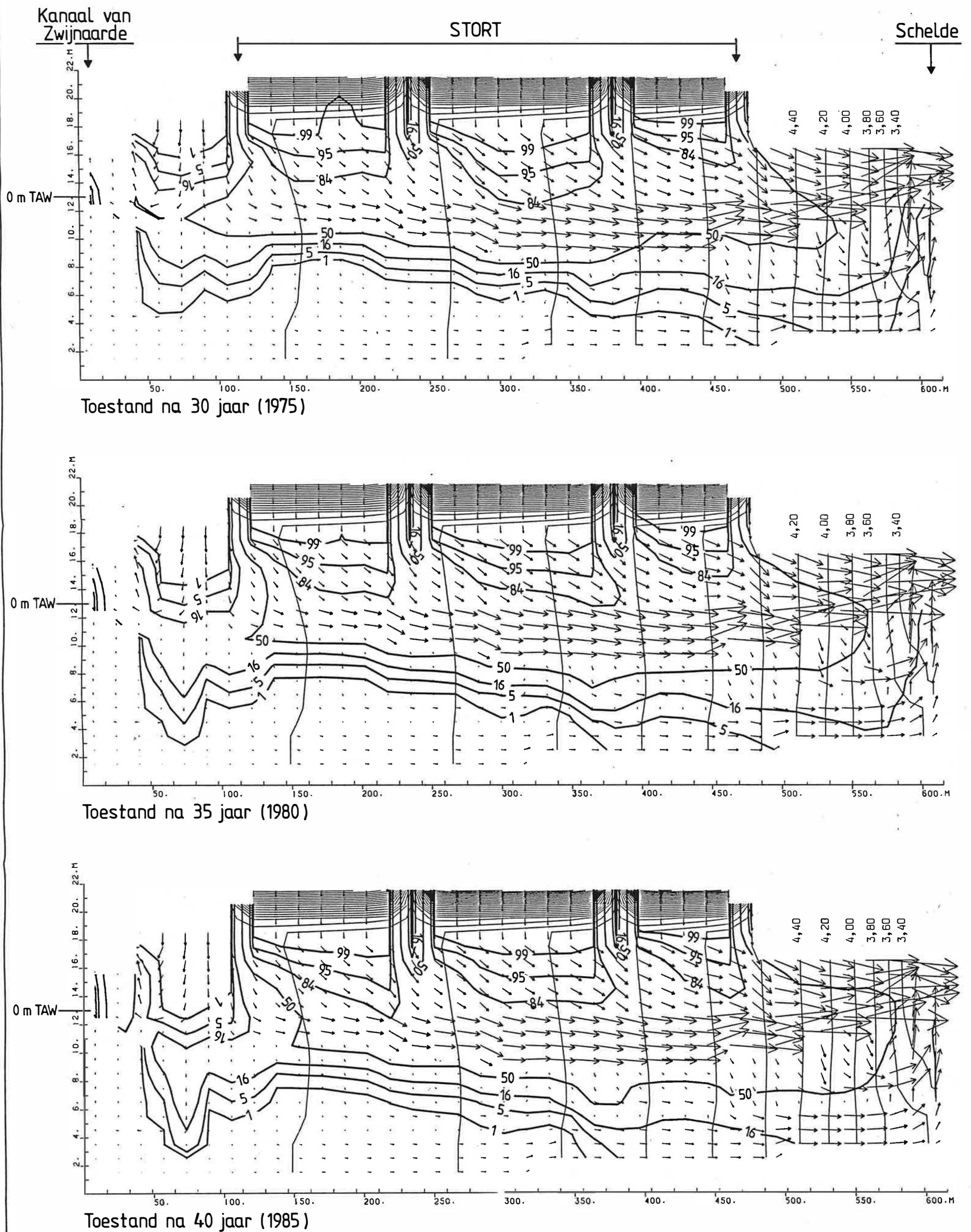
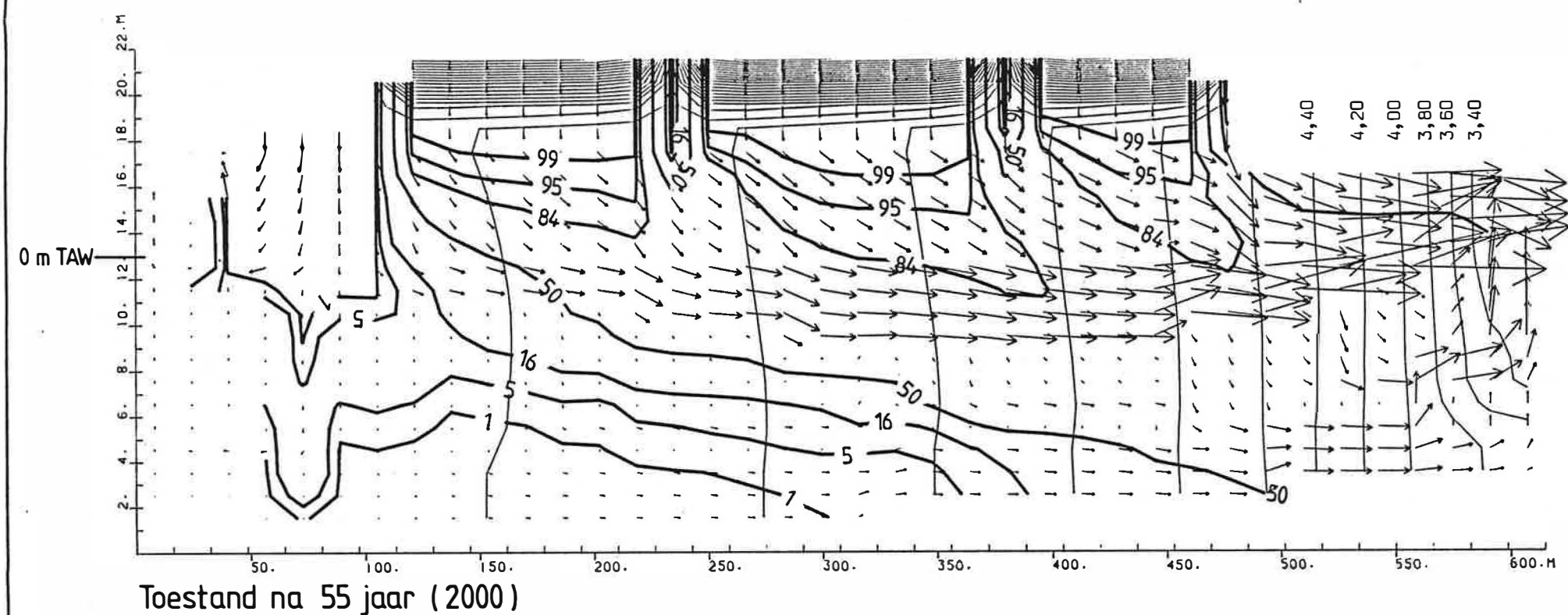
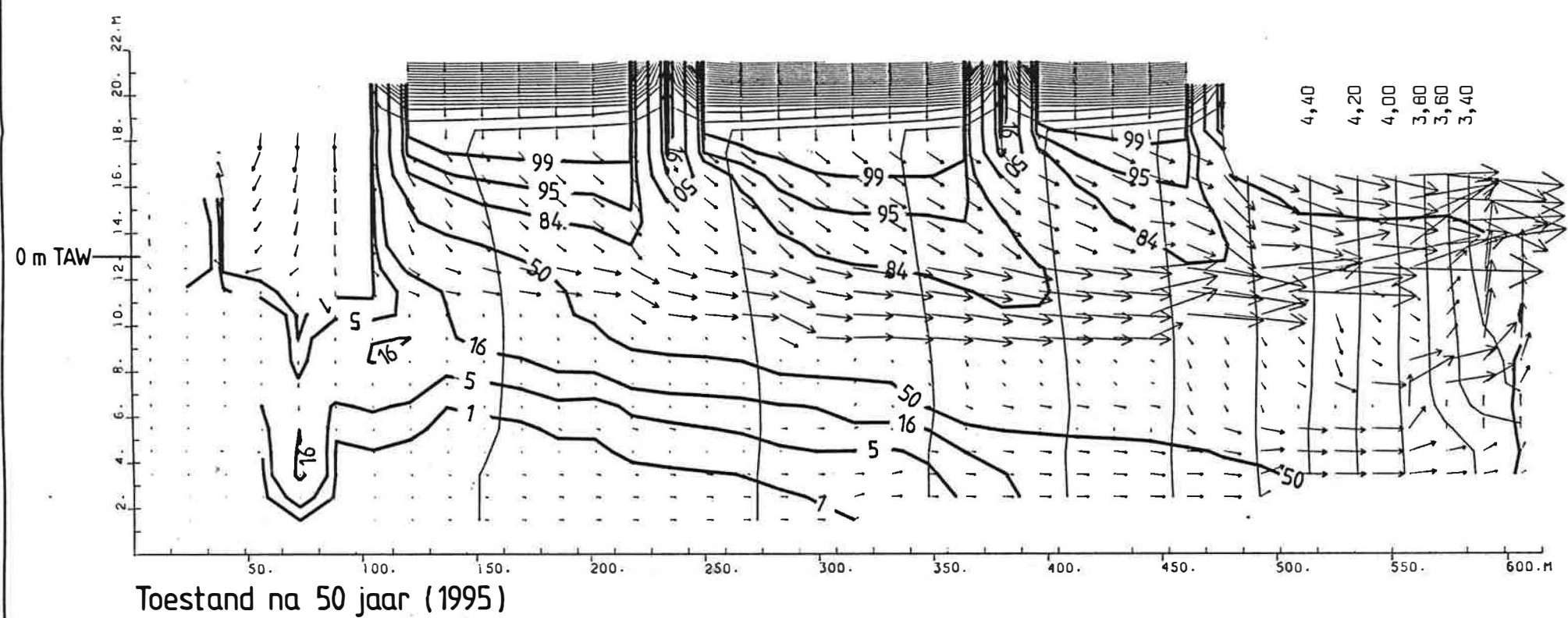
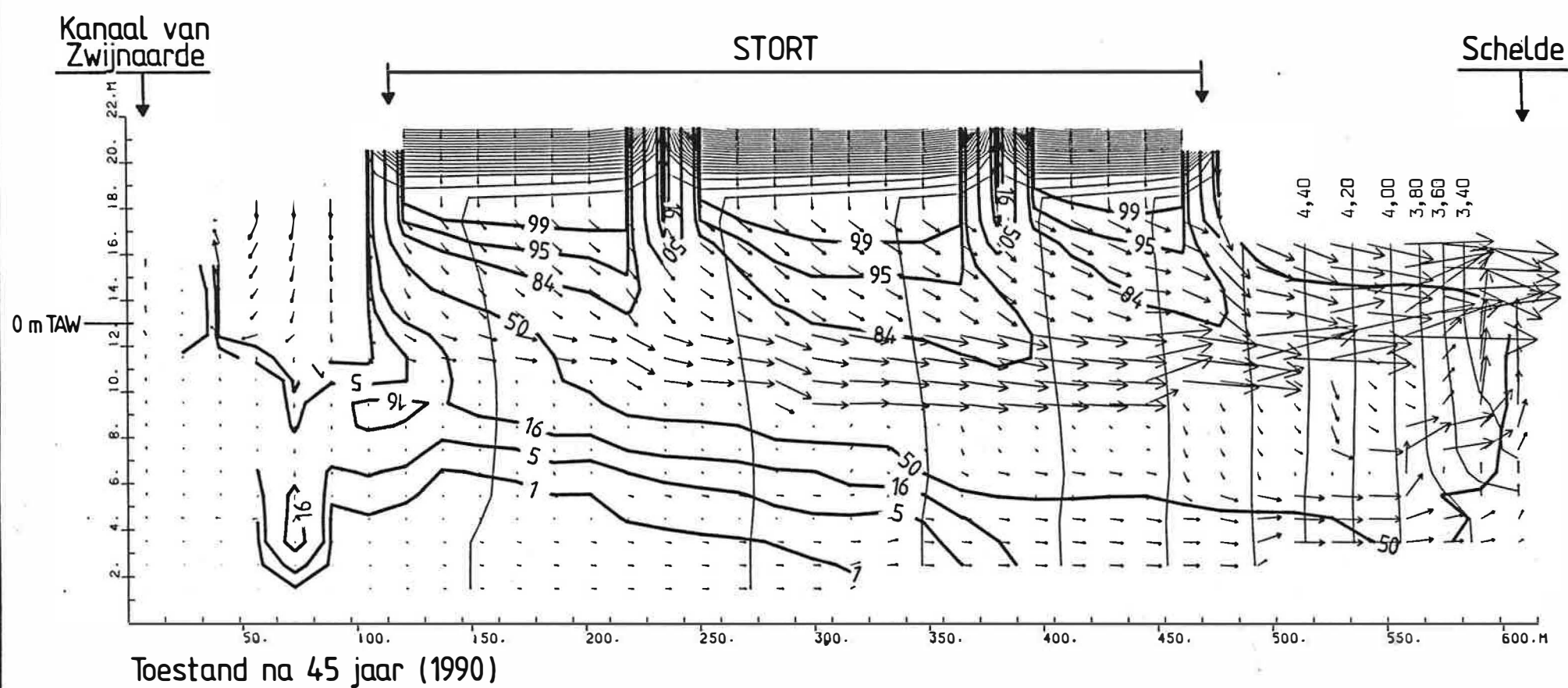


Fig. 9 - Vervolg.

Doorsnede 1 - Simulatie 2 (vervolg)



ken vrij goed met de waargenomen waarden. Dit is echter niet het geval voor Kl5, waar de concentratie zonder bijkomende terreinwaarnemingen en/of gegevens omtrent de storthistoriek moeilijk te verklaren zijn.

4.4. Besluit

Met behulp van een tweedimensionaal mathematisch model kan het grondwaterstromingspatroon en de evolutie van de globale grondwaterkwaliteit in het stortgebied te Zwijnaarde worden geschetst. Dit gebeurde in een doorsnede 1 vanaf het kanaal van Zwijnaarde tot de Schelde.

Steunend op de beschikbare gegevens blijkt uit de simulaties dat ter hoogte van de doorsnede 1 geen insijpeling plaatsgrijpt van water uit het kanaal van Zwijnaarde in het grondwaterreservoir.

De verontreiniging van het grondwater heeft zich in verticale zin tot in de doorlatende Yd-laag uitgebreid.

Ten gevolge van het algemeen grondwaterstromingspatroon is de verontreiniging vooral merkbaar ten zuiden en ten zuidoosten van het stort. Zij verplaatst zich in de richting van de Schelde-tijarm.

Of de verontreiniging zich kan verderzetten onder de Schelde-tijarm is niet met zekerheid geweten. Daartoe is het nodig de stijghoogte te kennen onder de linker-oever.

Gezien de enkele onzekerheden die blijken uit de studie is een verder onderzoek gewenst.